

Natália Carolina de Almeida Silva

**CONSERVAÇÃO, DIVERSIDADE E DISTRIBUIÇÃO DE
VARIEDADES LOCAIS DE MILHO E SEUS PARENTES
SILVESTRES NO EXTREMO OESTE DE SANTA CATARINA,
SUL DO BRASIL**

Tese submetida ao Programa de Pós
Graduação em Recursos Genéticos
Vegetais da Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do Grau de
Doutor em Ciências.

Orientadora: Profa. Dra Juliana Bernardi
Ogliari.

Florianópolis
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silva, Natália Carolina de Almeida

Conservação, diversidade e distribuição de variedades locais de milho e seus parentes silvestres no Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil / Natália Carolina de Almeida Silva ; orientadora, Juliana Bernardi Ogliari - Florianópolis, SC, 2015.
230 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais.

Inclui referências

1. Recursos Genéticos Vegetais. 2. Conservação in situ-on farm. 3. Variedades locais. 4. Milho pipoca. 5. Agricultura familiar. I. , Juliana Bernardi Ogliari. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. III. Título.

**Conservação, diversidade e distribuição de
variedades locais de milho e seus parentes
silvestres no Extremo Oeste de Santa Catarina,
Sul do Brasil**

por

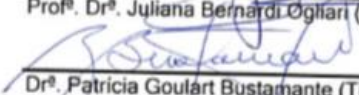
Natália Carolina de Almeida Silva

Tese julgada e aprovada em 23/04/2015, em sua forma final, pelo Orientador e membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de Concentração Recursos Genéticos Vegetais, no Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, CCA/UFSC.

Banca Examinadora:



Prof^a. Dr^a. Juliana Bernardi Ogliari (Presidente - CCA-UFSC)



Dr^a. Patricia Goulart Bustamante (Titular Externo - EMBRAPA/CENARGEN)



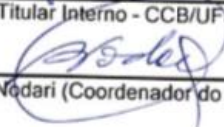
Dr^a. Laure Emperaire (Titular Externo - IRD-MNHN)



Prof. Dr. Mauricio Sedrez dos Reis (Titular Interno - CCA/UFSC)



Dr. Alair Toledo Machado (Titular Externo - EMBRAPA/Cerrados)



Prof. Dr. Nivaldo Peroni (Titular Interno - CCB/UFSC)



Prof. Dr. Rubens Onofre Nedari (Coordenador do Programa)

Florianópolis, abril de 2015

Dedicatória

Dedico este trabalho a todos os agricultores e agricultoras familiares que em suas diversas expressões exercem o valioso papel de guardiões e guardiãs da agrobiodiversidade. A todas as pessoas, organizações, instituições que em uma rede de solidariedade lutam em defesa da vida.

AGRADECIMENTOS

Somos todos sementes (Vandana Shiva)

A Deus, pela força, proteção e pela luz que me guia.

À minha família, meus pais Aurélio e Marilda e, a minha irmã Aline, pelo amor e cuidado e por apoiarem a realização dos meus projetos de vida.

A todos os agricultores e agricultoras dos municípios de Anchieta e Guaraciaba que participaram da pesquisa, pelos conhecimentos compartilhados, pelos aprendizados e, acima de tudo pelo acolhimento.

À minha orientadora Juliana Bernardi Ogliari pela confiança e oportunidade de ter desenvolvido este trabalho, por ter acreditado e respeitado minhas idéias.

Com muito carinho, agradeço os meus amigos e parceiros Rafael Vidal e Flaviane Malaquias Costa, pela partilha de infinitos aprendizados, por nosso grupo de estudos e discussões, pela amizade e por tornarem minha estadia em Florianópolis mais leve.

Aos colegas do Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade pelo aprendizado coletivo, em especial agradeço a Rosenilda de Souza pela parceria no trabalho de campo e a Kelly Justin da Silva pela colaboração nas atividades realizadas no laboratório e pela parceria durante todo o doutorado.

A todas as pessoas, entidades e instituições que fizeram possível a realização deste trabalho. Com muita gratidão, agradeço ao Padre Nelson e equipe da Paróquia Santa Lúcia de Anchieta, Adriano Canci técnico e extensionista do município de Guaraciaba, a EPAGRI, ao SINTRAF, ASSO, MPA, Secretaria Municipal de Educação, Agentes de Saúde do município de Anchieta, Associação de Microbacias do município de Guaraciaba por todo apoio durante a pesquisa de campo.

A todos os estudantes de graduação da UFSC e da UFFS que colobaram nas diversas etapas do trabalho, em especial agradeço a Juliana Macari, Nathália Beck, Gian Lucca Pierini, Maria Ruth Vieira, Tiago Lordi, Eline Kraus, Marcela Bittencourt, Adriana Bilini e Cleidir Krammer.

Aos amigos Liliana Pila e Samuel Kamphorst pelos inúmeros momentos de alegria, descontração e experiências de vida compartilhadas.

À minha amiga Aline Murta por me acompanhar, pelas visitas, pelo companheirismo de tantos anos e pelas boas energias.

Ao Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais e ao Departamento de Fitotecnia, professores e colegas pelas experiências compartilhadas, em especial agradeço ao Professor Rubens Onofre Nodori pelas oportunidades de ampliar minha formação profissional, à Bernadete Ribas e ao Newton de Mendonça pela atenção em todos os encaminhamentos realizados nas secretarias.

Aos pesquisadores Magdalena Vaio (UDELAR, Uruguai), Denise Costich (CIMMYT, México), Jiafa Chen (CIMMYT, México), Amalio Santacruz Varela (Colégio de Posgraduados, México), pelas contribuições durante a coleta de dados e elaboração dos artigos da tese.

Aos amigos, colegas e companheiros do Centro de Agricultura Alternativa do Norte de Minas que me proporcionaram experiências anteriores que foram valiosas para a realização da pesquisa, em especial, agradeço ao Tiago Salles Teixeira e Germana Platão Rocha por todo apoio e lealdade.

À CAPES pela concessão da bolsa de doutorado e, ao CNPq pelo apoio financeiro para o desenvolvimento do Projeto Mays e pela concessão da bolsa de doutorado sanduíche pelo Programa Ciência sem Fronteiras.

Gratidão!

Em qualquer parte da Terra
um *homem* estará plantando,
recriando a Vida.
Recomeçando o Mundo

Trecho do *Poema do Milho* de Cora Coralina

RESUMO

As informações sobre a atual diversidade de milho do Brasil são escassas e a maior parte dos estudos tem se destinado a caracterizar e analisar a diversidade conservada *ex situ*. Pesquisas antecedentes têm demonstrado que a microrregião Extremo Oeste do estado de Santa Catarina possui uma importante riqueza de variedades locais de milho conservadas *in situ-on farm*. Com o objetivo de estudar a conservação, diversidade e distribuição de variedades locais de milho dessa região, foi desenvolvida a metodologia denominada Censo da Diversidade, que permitiu identificar 1.513 variedades locais conservadas por agricultores familiares dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, bem como uma expressiva diversidade fenotípica e de usos, além da presença de parentes silvestres. A maior parte da diversidade foi explicada pelo elevado número de variedades locais de milho pipoca (1.078), conservadas em sua maioria pelas mulheres. Diante das lacunas na literatura científica e com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre a diversidade de milho da região, foram realizados estudos sobre ocorrência de parentes silvestres da espécie e sobre a conservação e diversidade de milho pipoca. A ocorrência dos parentes silvestres foi caracterizada por meio do conhecimento local, a partir de entrevistas semiestruturadas. Foi realizada a caracterização fenotípica de cinco populações, com base em 22 descritores morfológicos considerados chaves para a classificação do gênero *Zea*. Esta classificação foi validada pela caracterização de *knobs* cromossômicos de duas populações. Dos 305 agricultores entrevistados, 136 manejam ou cultivam populações de teosinto, principalmente para forragem. A semelhança dos resultados da caracterização morfológica e citogenética com as informações reportadas na literatura indicaram que populações de parentes silvestres do milho dessa região de Santa Catarina pertencem à espécie botânica *Zea luxurians*. A conservação e a diversidade de milho pipoca foram caracterizadas a partir de diferentes abordagens: *Diagnóstico da Diversidade*, *caracterização da capacidade de expansão*, *classificação de raças* e *relações filogenéticas* com outras populações das Américas. Para o *Diagnóstico da Diversidade* foi entrevistada uma amostra 244 agricultoras, a partir das quais foram obtidas informações sobre as variedades locais, as estratégias de manejo, as redes de intercâmbio de sementes e os processos de perda de diversidade. Foram mapeadas 403 variedades e 27 nomes locais. Os valores estimados do Índice de diversidade de Shannon indicaram que as

variedades apresentaram variabilidade quanto às características fenotípicas estudadas. A característica *cor de grão* foi a base da taxonomia local. Foram identificados 16 critérios de seleção, sendo que os três principais foram *espigas bonitas*, *arranjo de fileiras* e *forma do grão*. As redes de intercâmbio de sementes foram caracterizadas como fragmentadas em função da baixa densidade. Entretanto, os processos de trocas de sementes ainda permanecem ativos, caracterizados, sobretudo, pelas relações de vizinhança. Das causas associadas aos processos de erosão genética, apenas três explicaram 84% das perdas. A diversidade de milho pipoca está associada à dinâmica que as agricultoras estabelecem no manejo de suas variedades e ao seu uso tradicional na alimentação. Para caracterização da *capacidade de expansão* foram avaliadas 85 variedades locais, bem como sua relação com a diversidade fenotípica e valores de usos associados à qualidade gastronômica. O Índice de Capacidade de Expansão foi obtido pela razão entre o volume de pipoca expandida (final) e o volume inicial de grãos (30 mL). Foi identificado um grupo de 34 variedades com Índice de Capacidade de Expansão estatisticamente igual às testemunhas comerciais. Em relação à percepção das agriculturas sobre a qualidade gastronômica das variedades as características que apresentaram o maior percentual de indicações foram *maciez*, *rendimento de panela* e *sabor*. As diferentes indicações de usos demonstraram o conhecimento das agricultoras e sua importância na conservação *in situ-on farm* dos recursos genéticos de milho pipoca. Para a *classificação de raças* foram avaliadas 218 espigas de 70 populações de milho pipoca, coletadas em propriedades de agricultores familiares de ambos os municípios. Os dados foram obtidos com base nos descritores do milho para 16 características morfológicas da espiga e do grão. Verificou-se que as populações apresentaram variabilidade quanto às características avaliadas, principalmente em relação à *cor de grão*. As análises de agrupamento e de coordenadas principais, baseadas no Índice de Gower, permitiram evidenciar a presença de três raças de milho pipoca. Para verificar as *relações filogenéticas* entre populações de milho pipoca foram caracterizadas 67 variedades locais e 162 acessos de milho pipoca do Banco de Germoplasma de Milho do Centro Internacional de Milho e Trigo. Foram obtidos 6.070 marcadores de polimorfismo de nucleotídeo único pelo método de *genotipagem por sequenciamento*. As populações analisadas foram agrupadas segundo o padrão geográfico das terras altas da América do Sul, terras baixas da América do Sul, Caribe, México e América Central. Com respeito às populações do Extremo Oeste de Santa Catarina, foram identificadas duas origens geográficas: terras altas

e baixas da América do Sul. Este aspecto é extremamente interessante do ponto de vista da diversidade, considerando a pequena extensão territorial da região estudada, permitindo estabelecer possíveis origens da diversidade de milho pipoca. Este estudo colocou em relevância a importância do desenvolvimento de pesquisas voltadas para microrregiões geográficas, permitindo ampliar conhecimento a respeito da diversidade de milho e seus parentes silvestres do Brasil. A região do Extremo Oeste de Santa Catarina, aqui representada pelos municípios de Anchieta e Guaraciaba, pode ser indicada como um micro-centro de diversidade de *Zea mays* L., por corresponder a uma área microgeográfica que contempla uma reserva genética da espécie. A identificação de micro-centros de diversidade pode subsidiar de maneira particular regimes de proteção para as variedades locais de milho, sobretudo em relação ao cultivo de milho geneticamente modificado. Esta indicação não deve ser esgotada e reduzida ao milho. Espera-se que este estudo possa ser usado como referência em outros contextos do Brasil e para outras espécies cultivadas.

Palavras-chaves: Conservação *in situ-on farm*. Micro-centro de diversidade. Milho pipoca. Raças de milho. Relações filogenéticas. Variabilidade fenotípica. *Zea luxurians* Bird*. *Zea mays* ssp. *mays* L.

ABSTRACT

Information on the current diversity of corn in Brazil is scarce and most of the studies has been designed to characterize and analyze the diversity conserved *ex situ*. Previous researches have shown that micro Far West of the state of Santa Catarina has an important richness of maize landraces conserved *in situ on-farm*. In order to study the conservation, diversity and distribution of local varieties of maize in this region, it was developed methodology called *Census of Diversity*, which identified 1.513 varieties preserved by family farmers in the municipalities of Anchieta and Guaraciaba, as well as a significant phenotypic diversity and uses, and the presence of wild crop relatives. Most of diversity was explained by the high number of local varieties of popcorn (1.078), preserved mostly by women. Given the gaps in the scientific literature and in order to increase knowledge of maize diversity of the region, we studied the occurrence of wild crop relatives of the maize and the conservation and diversity of popcorn. The occurrence of wild relatives was characterized by means of local knowledge from semi-structured interviews. The phenotypic characterization of five populations was performed based on 22 morphological traits considered key for the classification of *Zea* genus. This classification was validated by the characterization of chromosomal knobs of two populations. Of the 305 farmers interviewed, 136 manege or grow populations of teosinte, mainly for forage. The similarity of the results of the morphological and cytogenetic characterization to the information reported in the scientific literature indicated that populations of wild crop relatives of maize in this region of Santa Catarina belong to the botanical species *Zea luxurians*. The conservation and diversity of popcorn were characterized from different approaches: *Diagnostic of Diversity*, characterization of the *capacity expansion*, *racess classification* and *phylogenetic relationships* with other populations of the Americas. For the *Diagnostic of Diversity* was interviewed a sample 244 farmers, from which we obtained information on local varieties, management strategies, seed exchange networks and the processes of loss of diversity. 403 varieties and 27 local names were mapped. The estimated values of diversity by Shannon index showed that the varieties present variability related to the phenotypic traits. The characteristic grain color was the basis of the local taxonomy. Sixteen selection criteria were identified, and the top three were *beautiful ears*, *arrangement of rows* and *shape of the grain*. The seed exchange networks have been characterized as fragmented due to the low density.

However, seed exchange networks processes are still active, characterized mainly by neighborly relations. The causes associated with genetic erosion, only three explained 84% of the losses. The diversity of popcorn is associated with the dynamics that provide farmers in managing their varieties and their traditional use in food. For characterization of the *capacity expansion* were evaluated 85 local varieties, as well as its relation to phenotypic diversity and uses of values associated with the gastronomic quality. The Expansion Capacity Index was obtained by dividing the volume of expanded popcorn (final) and the initial volume of grain (30 mL). A group of 34 varieties with Expansion Capability Index statistically equal ace commercial controls were identified. Regarding the perception of farmers on the gastronomic quality of varieties the characteristics that showed the highest percentage of indications were *softness, cooking pot yield and flavor*. The different indications of uses demonstrated knowledge of farmers and their importance in the *in situ* conservation on farm genetic resources of popcorn. To *racial clasification* were assessed 218 ears of 70 populations of popcorn, collected in property of family farmers in both municipalities. Data were obtained based on maize descriptors of the 16 morphological characteristics of the ear and grain. It was found that the populations showed variability in the characteristics evaluated, especially in relation to grain color. Cluster analysis and principal coordinate analysis, based on Gower index, have highlighted the presence of three popcorn races. To check the *phylogenetic relationships* among popcorn populations were characterized 67 local varieties and 162 of Miaze Germplasm Bank of International Maize and Wheat Improvement Center. Were obtained 6.070 polymorphism markers of single nucleotide by method genotyping for sequencing. The populations studied were grouped according to the geographical pattern of the highlands of South America, the lowlands of South America, Caribbean, Mexico and Central America. With respect to the population of the Far West of Santa Catarina, were identified two geographic origins: high and low lands of South America, establishing possible diversity of origins popcorn. This study placed in the relevant importance of developing research for micro geographic regions, allowing to expand knowledge about the diversity of maize and its wild crop relatives in Brazil. The region of the Far West of Santa Catarina, here represented by the municipalities of Anchieta and Guaraciaba, may be indicated as a micro-center of diversity of *Zea mays* L., because it

corresponds to a microgeographic area that features a gene pool of the species. Identification of diversity of micro-centers can support a particular way protection systems for local corn varieties, especially for maize cultivation genetically modified. This proposal should not be exhausted and reduced corn. It is hoped that this study can be used as a reference in other contexts of Brazil and other cultivated species.

Keywords: In situ conservation on farm. Micro-center of diversity. Phenotypic variability. Phylogenetic relationships. Popcorn. Races of maize. *Zea luxurians* Bird*. *Zea mays* ssp. *mays* L.

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Figura 1. Localização dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil.....	29
--	----

CAPÍTULO I

Figura 1. Distribuição espacial das variedades locais e parentes silvestres do milho, nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina	52
Figura 2. Distribuição espacial das variedades locais de milho cultivadas nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, segundo a característica cor de grão	54
Figura 3. Frequência absoluta das variedades locais de milho classificadas por grupo morfológico dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina	56
Figura 4. Distribuição espacial da diversidade das variedades locais de milho obtido a partir da estimativa de H' para os grupos morfológicos associados a todas as variedades locais dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.....	58

CAPÍTULO II

Figura 1. Distribuição espacial das variedades locais e parentes silvestres do milho, nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina	94
Figura 2. Híbridos de teosintos e milho	99
Figura 3. Características morfológicas dos frutos (grãos) de cinco populações de parentes silvestres do milho dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina	100
Figura 4. Representação do idiograma com base no tamanho do cromossomo, relação entre os braços cromossômicos e padrões de bandas heterocromáticas	103
Figura 5. Localização dos kbos cromossômicos	104

CAPÍTULO III

Figura 1. Distribuição espacial de 403 variedades locais de milho pipoca nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina	125
--	-----

Figura 2. Características fenotípicas das variedades locais de milho pipoca conservadas <i>in situ-on farm</i> nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.....	126
Figura 3. Número de variedades correspondente aos nomes locais de milho pipoca dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina	130
Figura 4. Distribuição do percentual (%) relacionado a quantidade de semente armazenada das populações locais de milho pipoca conservadas pelas agricultoras de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina	135
Figura 5. Número de indicações dos critérios de seleção adotados por 244 agricultoras de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina, para a seleção de variedades locais de milho pipoca	136
Figura 6. Rede de intercâmbio de sementes de milho pipoca no período de 2011 a 2013	138
Figura 7. Distribuição do número de variedades quanto a cor de grão relacionada ao total de variedades mapeadas (403) e ao total de variedades intercambiadas no período de 2011-2013	140
Figura 8. Percentual de indicações das causas de perda da diversidade de variedades locais de milho pipoca de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.....	142

CAPÍTULO IV

Figura 1. Percentual de indicação de valores de usos associados à qualidade gastronômica de 61 variedades locais de milho pipoca do Extremo Oeste de Santa Catarina.....	160
---	-----

CAPÍTULO V

Figura 1. Localização das áreas de coleta de 70 populações locais de milho pipoca nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina	170
Figura 2. Análise de agrupamento pelo método UPGMA para a matriz de distância constituída pelo Índice de Similaridade de Gower (1971), estimado com base em 16 características morfológicas do grão e espiga, avaliadas em 70 populações locais de milho pipoca dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.....	175
Figura 3. Análise de coordenadas principais da matriz de distância constituída pelo Índice de Similaridade de Gower (1971) e estimado a partir de 16 características morfológicas do grão e da espiga 70	

populações locais de milho pipoca dos municípios de Anchieta e do Extremo Oeste de Santa Catarina179

Figura 4. Análise de agrupamento pelo método UPGMA para a matriz de distância constituída pelo Índice de Similaridade de Gower (1971), estimado com base na avaliação de 14 características morfológicas do grão e espiga para os grupos dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina e raças de milho pipoca das Américas180

CAPÍTULO V

Figura 1. Árvore filogenética produzida pelo algoritmo de Neighbor-Joining, baseado em 6.070 marcadores moleculares SNPs para 229 populações de milho pipoca: 67 populações do Extremo Oeste de Santa Catarina e 162 procedentes de 18 países das Américas194

Figura 2. Análise de componentes principais baseada na matriz de correlação entre 229 populações de milho pipoca baseada em 6.070 marcadores moleculares SNPs: 67 populações do Extremo Oeste de Santa Catarina e 162 procedentes de 18 países das Américas197

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Área, número de comunidades e de agricultores entrevistados, nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, SC, Sul do Brasil	48
Tabela 2. Descritores morfológicos do grão (cor, formato, rigidez do endosperma e tamanho) e suas respectivas classes usadas para avaliar variedades locais de milho dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste Catarina, Sul do Brasil.....	49
Tabela 3. Frequência absoluta e relativa às categorias de valores de uso, adaptativos e agronômicos por grupos morfológicos das variedades locais de milho comum, doce e farináceo dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.....	65

CAPÍTULO II

Tabela 1. Localização das áreas de coleta das populações de parentes silvestres do milho.....	97
Tabela 2. Valores médios de 18 características quantitativas de cinco populações de parentes silvestres do milho dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.....	102

CAPÍTULO III

Tabela 1. Número de agricultoras mantenedoras de variedades locais de milho pipoca de Anchieta e Guaraciaba e tamanho de amostra para o <i>Diagnóstico da Diversidade</i> pelo método de amostragem estratificada Partilha Ótima.....	122
Tabela 2. Estimativa do Índice de Diversidade Shannon (H') para seis características fenotípicas baseado no nome local das populações locais de milho pipoca do Extremo Oeste de Santa Catarina.	132

CAPÍTULO IV

Tabela 1. Identificação e origem do germoplasma, valores médios do Índice Capacidade de Expansão (ICE) e Umidade (U%) de 87 variedades locais de milho pipoca do Extremo Oeste de Santa Catarina	154
Tabela 2. Riqueza e diversidade morfológica baseada no Índice de Shannon (H') de 61 variedades locais de milho pipoca do Extremo Oeste de Santa Catarina	159

CAPÍTULO V

Tabela 1. Média, desvio padrão e coeficiente de variação (CV%) de nove características morfológicas quantitativas da espiga e do grão de 70 populações locais de milho pipoca dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina172

Tabela 2. Caracterização morfológica dos grupos de milho pipoca identificados pelo método de agrupamento UPGMA a partir de 70 populações locais dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina176

CAPÍTULO VI

Tabela 1. Procedência dos 162 acessos de milho pipoca mantidos pelo Banco de Germoplasma de Milho do CIMMYT e número de acessos avaliados por país.....190

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP – Antes do Presente

ASSO – Associação dos Pequenos Agricultores Plantadores de Milho Crioulo Orgânico e Derivados

CCA – Centro de Ciências Agrárias

CDB – Convenção sobre Diversidade Bioólicas

CE – Capacidade de Expansão

CGEN – Conselho de Gestão do Patrimônio Genético

CIMMYT – Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura

FAPESC – Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina

GBS – Genotipificação por Sequenciamento

IAC – Instituto Agrônomo de Campinas

ICE – Índice de Capacidade de Expansão

LAGROBio – Laboratório de Pesquisa em Agrobiodiversidade

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MMC – Movimento de Mulheres Camponesas

MPA – Movimento dos Pequenos Agricultores

NEABio – Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade

SINTRAF – Sindicato dos Trabalhadores na Agricultura Familiar

TIRFAA – Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para Alimentação e Agricultura

UFFS – Universidade Federal da Fronteira Sul

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	25
A agrobiodiversidade do Extremo Oeste de Santa Catarina	26
OBJETIVOS.....	31
Geral	31
Específicos	31
DEFINIÇÕES E ESTRUTURADA TESE.....	32
REFERÊNCIAS.....	35
CAPÍTULO I.....	41
Diversidade e distribuição de variedades locais no Extremo Oeste de Santa Catarina: proposta de indicação de um <i>micro-centro</i> de diversidade de <i>Zea mays</i> L	
Resumo	41
Abstract.....	42
Introdução	43
Material e métodos.....	47
Localização da área de estudo	47
<i>Censo da Diversidade</i>	47
Análise espacial da diversidade genética baseada nas características morfológicas do grão	50
Resultados.....	51
Identificação e distribuição das variedades locais de milho	51
Diversidade fenotípica baseada nas características morfológicas do grão.....	53
Aspectos socioculturais que atuam sobre a diversidade	59
Discussão	66
<i>Censo da Diversidade</i> como proposta metodológica	66
Caracterização da diversidade de milho do Extremo Oeste de Santa Catarina	68
Indicação do Extremo Oeste de Santa Catarina como um <i>Micro-Centro de Diversidade</i> de Milho	75
Conclusões	79
Referências.....	80
CAPÍTULO II	89
Ocorrência de parentes silvestres do milho no sul do Brasil	
Resumo	89
Abstract.....	90
Introdução	91

Material e métodos	93
Identificação da espécie	94
Resultados e discussão	95
Percepção local sobre os parentes silvestres do milho.....	95
Populações de <i>Zea luxurians</i> (Dirieu and Ascherson) Bird*	99
Introdução do teosinto no sul do Brasil	106
Por que conservar os parentes silvestres do milho fora do centro de origem?	106
Considerações finais.....	108
Referências.....	109
CAPÍTULO III.....	115
Conservação <i>in situ-on farm</i> de milho pipoca no Extremo Oeste de Santa Catarina	
Resumo.....	115
Abstract	117
Introdução	119
Material e métodos	121
Diagnóstico da Diversidade	121
Análise da diversidade fenotípica	123
Redes de intercâmbio de sementes	123
Resultados e discussão	124
Nome local como indicador de diversidade.....	129
Manejo da diversidade de milho pipoca	133
Rede de intercâmbio de sementes	137
Processos de perda de diversidade.....	141
Conclusões	143
Referências.....	143
CAPÍTULO IV	149
Capacidade de expansão de variedades locais de milho pipoca conservadas <i>in situ-on farm</i> no Extremo Oeste de Santa Catarina	
Resumo.....	149
Abstract	150
Introdução	151
Material e métodos	152
Material vegetal	152
Avaliação da capacidade de expansão (CE)	152
Diversidade fenotípica e valores associados aos usos	153
Resultados e discussão	153
Capacidade de Expansão, diversidade fenotípica e valores associados aos usos.....	158
Conclusões	161

Referências.....	161
CAPÍTULO V.....	165
Raças de milho pipoca do Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil	
Resumo	165
Abstract.....	166
Introdução	167
Material e métodos.....	169
Resultados e discussão.....	171
Conclusões	182
Referências.....	182
CAPÍTULOS VI.....	187
Estudo preliminar sobre as relações filogenéticas de milho pipoca do EOSC e de outros países da América	
Introdução	187
Material e métodos.....	189
Extração de DNA	190
Sequenciamento.....	191
Análise dos dados.....	192
Resultados e discussão.....	192
Hipóteses sobre a origem das populações de milho pipoca do EOSC.....	198
Conclusões	200
Referências.....	201
CONSIDERAÇÕES FINAIS	205
APÊNDICES	207

1. INTRODUÇÃO

O milho é um exemplo excepcional da interação da humanidade com os recursos da natureza. Seu processo de domesticação foi iniciado a partir de populações de *Zea mays* L. ssp. *parviglumis*, na região Sul do México, há aproximadamente 9.000 anos antes do presente - AP (Matsuoka et al., 2002). Desde o início do seu processo de domesticação, o milho foi rapidamente disperso para fora do seu centro de origem permitindo sua adaptação a diversos *habitats* e contextos culturais, resultando em uma distribuição maior do que aquela apresentada pelos seus parentes silvestres.

A variabilidade genética do milho é uma das maiores entre as espécies cultivadas, com aproximadamente 300 raças identificadas no continente Americano (Hernandez, 2009). O Brasil é considerado um importante centro de adaptação secundária da espécie, com 34 raças catalogadas (Paterniani & Goodman, 1977) e centenas de variedades locais (Abadie et al., 2000).

A maior parte da diversidade genética de milho no país está conservada *in situ-on farm* por agricultores e agriculturas familiares, nas suas mais diversas expressões¹, inseridos em diferentes biomas e contextos socioculturais. As variedades locais, conservadas, manejadas e usadas por milhares de agricultores, em função da sua contínua adaptação, constituem o principal componente da agrobiodiversidade e são peças-chaves para o desenho de sistemas agrícolas sustentáveis. Estes recursos genéticos são a base de muitos programas de melhoramento genético por sua elevada variabilidade genética, aportando alelos de valor adaptativo, de resistências a fatores biótico e abióticos, permitindo responder as diferentes demandas da sociedade. Como parte da história dos agricultores e das agricultoras, estes recursos genéticos fazem parte de suas formas de vida, necessidades, de suas relações sociais e representam um patrimônio genético e cultural.

Entretanto, os esforços para organizar a informação sobre a conservação *in situ-on farm* de milho têm sido limitados pela falta de conhecimento dos padrões de diversidade regional (Perales & Golicher,

¹ Considerando comunidades quilombolas, indígenas e povos tradicionais, como geraiseiros, sertanejos, seringueiros, quebradeiras de coco babaçu, faxinais, pescadores artesanais, agroextrativistas, entre outros povos, que conformam expressões identitárias da nação multicultural da agricultura familiar brasileira.

2014). Se a diversidade é uma opção para apoiar os agricultores e as agriculturas em suas necessidades agrícolas, torna-se essencial identificar áreas em que esta ocorra em abundância, incluindo seus usos e sua dinâmica nos agroecossistemas familiares.

Conhecer a diversidade conservada e manejada pelos agricultores e agricultoras no contexto atual, numa dimensão microrregional, constitui elemento imprescindível para orientar estratégias de conservação, políticas públicas e valorizar seus guardiões e guardiãs².

2.1 A agrobiodiversidade do Extremo Oeste de Santa Catarina

A agrobiodiversidade pode ser compreendida como o componente da biodiversidade que apresenta íntimas relações com os seres humanos, representada por um conjunto de organismos, que podem ser domesticados, semidomesticados, cultivados ou manejados. Santilli (2009) define *agrobiodiversidade* como o envolvimento de todos os elementos que interagem com a produção agrícola: os espaços cultivados, as práticas de manejo, a diversidade genética e os valores sociais e culturais.

Além dos três níveis de complexidade relacionados à biodiversidade (diversidade dentro das espécies, entre espécies e entre ecossistemas), a agrobiodiversidade agrega outros elementos essenciais à sua compreensão. O conceito envolve, necessariamente, o entendimento de que a diversidade cultural é o elemento chave para a sua construção (Machado et al. 2008) e, as variedades locais (*landraces*) constituem seu principal componente.

²Guardiões e guardiãs da agrobiodiversidade são agricultores e agricultoras que possuem sementes crioulas (variedades locais) de diferentes espécies e que as mantêm por um processo de multiplicação de multiplicação através do tempo, com ou sem seleção artificial. O enfoque pode ser não somente conservacionista, mas também de seleção de plantas mais adaptadas aos sistemas de produção da agricultura familiar. Entre as características que podem qualificar o guardião e guardiã de sementes estão o reconhecimento do seu papel pela comunidade ou o reconhecimento por meio da análise de evidências apresentadas e período mínimo de tempo na posse das sementes (Bevilaqua et al., 2009; Bevilaqua et al., 2014). Para complementar Bevilaqua et al. (2009, 2014), guardiões da agrobiodiversidade são muito mais que produtores de sementes, são mantenedores da diversidade.

Diversos estudos têm destaque a importância da região Extremo Oeste de Santa Catarina na conservação da agrobiodiversidade, formando um referencial teórico e compilando um conjunto de informações a respeito dos recursos genéticos vegetais da região, sobretudo em torno das variedades locais de milho, arroz e hortaliças, como tomate, alface e chicória (Canci et al., 2004; Vogt 2005; Canci 2006; Canci, et al., 2010; Ogliari et al., 2007; Vogt et al., 2009; Kist et al., 2010; Gonçalves et al., 2013; Silveira et al., 2014; Osório et al., 2014; Pinto et al., 2014).

O processo de ocupação da região, caracterizado pelo movimento de agricultores familiares, filhos e netos de imigrantes europeus (italianos e alemães, principalmente) provenientes do estado do Rio Grande do Sul, com a presença de resquícios culturais dos povos indígenas³ consolidou uma agricultura baseada tradicionalmente no uso de muitas espécies e variedades de plantas constantemente intercambiadas com familiares e vizinhos (Canci & Brassiani, 2004). A base do desenvolvimento regional está associada à pequena produção familiar, que representa mais de 90% dos 100 mil estabelecimentos agrícolas da região (IBGE 2010). A economia é sustentada pela atividade agrícola cuja importância reside nas diversas cadeias produtivas, como milho, soja, feijão, maçã, erva mate, aves, suínos e leite.

Canci (2006) aponta que o modelo de agricultura acima, essencialmente dependente do manejo e uso da agrobiodiversidade para se reproduzir, é ameaçado por um processo de erosão e perda de diversidade biológica da agricultura e de conhecimentos tradicionais, principalmente pelas políticas públicas e o modelo agroquímico difundido pela *Revolução Verde*⁴. Nessa contracorrente e em resposta de resistência, a região concentra o resultado de uma intensiva articulação

³Kaingangs e Guaranis, principalmente. Vide em: <https://leiaufsc.files.wordpress.com/2013/08/povos-indc3adgenas-em-santa-catarina.pdf>

⁴Na segunda metade do século XX, vários países latino-americanos engajaram-se na intitulada Revolução Verde, um atividades agrícolas, assentando-se para isso no uso intensivo de insumos químicos, das variedades geneticamente melhoradas de alto rendimento, da irrigação e da motomecanização. Políticas públicas nacionais foram criadas, tendo a pesquisa agrícola e a extensão rural – aliadas geralmente ao crédito agrícola subsidiado – como os principais instrumentos para a concretização dessas políticas.

impulsionada por organizações sociais junto aos agricultores familiares para a recuperação, conservação da diversidade genética e cultural da agrobiodiversidade.

Diante desse cenário, desde o ano de 2002, o Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade (NEABio)⁵ da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em parceria com diversas organizações, instituições, agricultores e agricultoras, vem desenvolvendo e apoiando uma série de pesquisas, atividades, capacitação e extensão a respeito das variedades locais de milho da região Extremo Oeste de Santa Catarina, sobretudo nos municípios de Anchieta e Guaraciaba (Figura 1), o que tem permitido intensificar as ações em torno da agrobiodiversidade da região.

Em 2002, foi realizado um diagnóstico da agrobiodiversidade no município de Anchieta⁶. Neste levantamento, foram entrevistadas mais de duzentas famílias e, dentre outras perguntas, procurou-se saber em que momento os agricultores e agricultoras haviam abandonado e retomado a conservação de variedades locais de milho. Estimou-se que até meados da década de 1960, os cultivos baseavam-se somente em sementes do sistema informal, ou seja, não haviam híbridos.

A partir desse período, as variedades locais passaram a ser desvalorizadas e substituídas até próximo à extinção, fazendo com que, em 1994, apenas cerca de 2% dos agricultores ainda conservassem variedades locais de milho (Canci et al., 2004). Mesmo diante desse cenário, levantamentos posteriores constataram que a diversidade genética existente entre as 34 principais espécies cultivadas para a alimentação pelas próprias do município de Anchieta, incluía mais de 200 variedades locais (Canci et al. 2004).

⁵Para saber mais sobre o NEABio, acesse: neabio.wix.com/neabioufsc

⁶Em 1999, Anchieta foi reconhecida como Capital Estadual do Milho Crioulo através do projeto de Lei nº 466/99. Atualmente, alguns processos estão sendo reivindicados com intuito de reconhecer o município como Capital Nacional do Milho Crioulo, o que reforça ainda mais a importância de desenvolver projetos que garantam a conservação das variedades locais cultivadas na região.

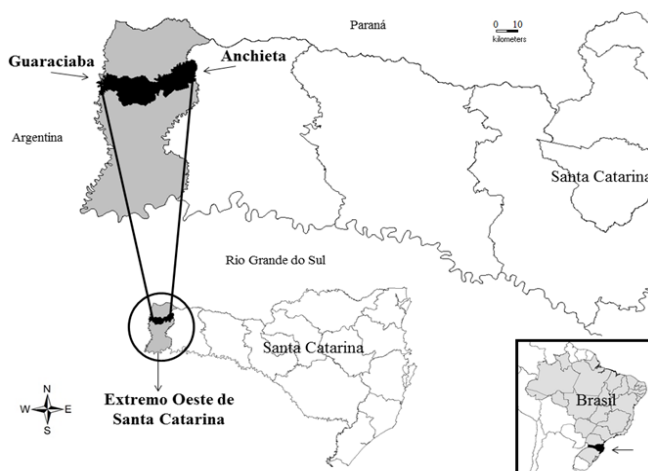


Figura 1. Localização dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil.

Alves (2004) e Vogt (2005), destacaram que dentre as unidades de produção usuárias de variedades locais de milho do município de Anchieta, 68% passaram a cultivá-la nos últimos dez anos (de 1995 a 2004), em geral, para ser consumido no próprio estabelecimento. Em concordância, Ogliari & Alves (2007) afirmaram que o retorno ao cultivo de variedades locais sugere que as cultivares modernas não tem atendido, ao menos em parte, às necessidades de uso e de cultivo dos agroecossistemas familiares.

No município de Guaraciaba, diagnósticos realizados em 2005, revelaram sobre o elevado percentual de famílias de agricultores que não mais cultivavam em suas propriedades o alimento que consumiam (Canci et al., 2010). Neste mesmo ano e como consequência dos diagnósticos, foi elaborada a proposta *Kit Diversidade*⁷ dentro dos Planos de Desenvolvimento das Microbacias Hidrográficas, vinculados ao governo do Estado de Santa Catarina. O *Kit Diversidade* representou

⁷Inspirado na ideia original de Sthapit et al. (2006) Diversity Kits: Deploying New Diversity to Farmers. In: Sthapit et al. On-farm management of agricultural biodiversity in Nepal: Good Practices. NARC/LI-BIRD/Bioversity International, Nepal.

um conjunto de idéias e práticas que promoveu o debate para tomada de decisões como o resgate, conservação, uso e manejo da agrobiodiversidade (Canci et al., 2010). Na prática o *Kit Diversidade* consistiu em uma caixa que continha uma amostra de sementes de diferentes espécies produzidas e distribuídas pelas e para as famílias de agricultores do município de Guaraciaba. Foram selecionadas 52 variedades locais de 16 espécies vegetais (dentre elas milho, feijão, melancia, melão, abóbora, moranga, arroz, fava, ervilha). O *Kit Diversidade* possibilitou resgatar não somente a cultura de produzir o próprio alimento, mas também a produção da própria semente, como arroz, feijão e milho pipoca (Canci et al., 2010).

É preciso destacar que o retorno ao cultivo de variedades locais de milho em Anchieta e Guaraciaba só foi possível porque alguns agricultores e agricultoras dos próprios municípios nunca deixaram de cultivar suas variedades locais, conforme exemplificado pelas experiências anteriores. Isso porque nessa região, o milho possui uma função social de extrema relevância, pois além de ser usado na alimentação animal, na forma de silagem, forragem e grãos, desempenha um papel central na alimentação humana, nas mais diversas formas, como farinha (para polenta), milho-verde (pamonha e cremes), pipoca, e grãos secos para canjica (Alves, 2004; Ogliari & Alves, 2007; Ogliari et al., 2013).

A além da conservação pelo uso, a manutenção de variedades locais de milho está associada a um conjunto de características e atributos, conforme descreveram Canci et al. (2004), como por exemplo, sabor especial, agradável ao paladar, por tradição mantida ao longo do tempo, por herança repassada por meio de gerações, para reduzir os custos de produção das propriedades, por não serem transgênicas e serem saudáveis, em função da maneira como são produzidas.

As pesquisas realizadas pelo NEABio vem demonstrado que as variedades locais conservadas pelos agricultores e agricultoras dos municípios de Anchieta e Guaraciaba apresentam elevado potencial produtivo (Ogliari & Alves 2007; Kist et al., 2010; Ogliari et al., 2013; Kist et al., 2014) e adaptativo, sobretudo frente a estresse de natureza biótica (Sasse, 2008), além de serem importantes fontes naturais de carotenoides, antocianinas e compostos fenólicos (Kuhnen et al., 2009; Kuhnen et al., 2010a; Kuhnen et al., 2010b; Kuhnen et al., 2011; Kuhnen et al., 2013; Uarrota et al., 2012).

Nesse sentido, a presente Tese tem como propósito ampliar o conhecimento da diversidade genética de milho dos municípios de Anchieta e Guaraciaba. A mesma foi desenvolvida no âmbito do *Projeto Mays*, denominado *Proposta Integrada e Participativa de Conservação on farm e ex situ, Manejo e Uso de Variedades Crioulas de Milho-Comum e Milho-Pipoca, Conservadas por Agricultores Familiares do Oeste de Santa Catarina e Sudoeste do Paraná*, coordenado pelo NEABio e aprovado pelo Edital 582010 do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

- Estudar a conservação, diversidade e distribuição de variedades locais de milho e seus parentes silvestres da microrregião Extremo Oeste de Santa Catarina, com o intuito de subsidiar propostas integradas de conservação dos recursos genéticos locais.

2.2 Específicos

- Caracterizar a diversidade fenotípica de variedades locais dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil, bem como sua distribuição geográfica, por meio da proposta metodológica Censo da Diversidade.
- Registrar, identificar e caracterizar populações de parentes silvestres do milho dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil.
- Caracterizar a conservação *in situ-on farm* de milho pipoca, identificar as práticas de manejo, as redes de intercâmbio de sementes e os processos de perda de variedades locais nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil.
- Avaliar a capacidade de expansão de variedades locais de milho pipoca dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil, bem como sua relação com a diversidade fenotípica e valores de uso associados aos atributos gastronômicos.

- Identificar raças de milho pipoca a partir de variedades locais conservadas *in situ-on farm* nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil.
- Verificar as relações filogenéticas entre populações de milho pipoca dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil e outras populações do continente Americano.

3. DEFINIÇÕES E ESTRUTURA DA TESE

Para o contexto dessa Tese, será utilizado o termo *variedade local* para as populações de plantas conservadas, selecionadas, multiplicadas e usadas por agricultores familiares dos municípios de Anchieta e Guaraciaba. Por sua vez, *variedade local* será compreendida como uma população dinâmica de uma planta cultivada (no caso, milho) que tem origem histórica, identidade distinta e carece de melhoramento formal, bem como muitas vezes sendo geneticamente diversificada, localmente adaptada e associada ao agroecossistema familiar (Zeven, 1998; Camacho Villa et al. 2006). Nessa lógica, o termo *população/populações* será utilizado como sinônimo de *variedade local/variedades locais*. E por último, para o termo *raça/raças* será considerado o conceito proposto por Anderson & Cutler (1942), o qual definem como *um grupo de populações aparentadas, com suficientes características em comum para permitir seu reconhecimento como grupo*.

A tese está estruturada em seis capítulos. O primeiro capítulo trata da proposta de indicação da microrregião Extremo Oeste de Santa Catarina, enquanto um micro-centro de diversidade de *Zea mays* L, com o intuito de estimular medidas de proteção da diversidade da região e subsidiar estratégias integradas de conservação. Esta indicação foi baseada no estudo denominado Censo da Diversidade, que consistiu em uma ferramenta metodológica para identificar, mapear e mensurar a diversidade de variedades locais de milho conservadas *in situ-on farm*, bem como seus respectivos valores associados aos usos e preferências na visão dos agricultores. A impressionante riqueza de variedades locais de milho pipoca e a identificação da presença de parentes silvestres do milho na região, constatadas durante o Censo da Diversidade, levou a presente pesquisa a ampliar a dimensão da análise da diversidade associada a essa espécie.

Em relação aos componentes da diversidade *milho pipoca* e *parentes silvestres*, estes foram considerados como elementos centrais para elucidar outras perguntas de pesquisa, com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre a diversidade da região, reforçando sua importância na conservação e diversificação dos recursos genéticos de *Zea mays* L. A ocorrência de parentes silvestres em convivência simpátrica com a espécie cultivada é um aspecto relevante, sobretudo em regiões ecogeográficas distintas daquelas encontradas nos centros de origem, sob o ponto de vista da evolução e conservação. Este aspecto se torna ainda mais interessante pela carência de informações a respeito da ocorrência de parentes silvestres do milho nas terras baixas da América do Sul, o que coloca a região em uma posição particular. Alguns estudos apontam que fora do seu centro de origem o milho continuou seu processo de evolução na ausência de seus parentes silvestres (Warbouton et al., 2011). Diante desse contexto, o segundo capítulo caracteriza a ocorrência dos parentes silvestre do milho na região a partir da percepção dos agricultores, bem como a identificação da espécie por meio da caracterização fenotípica e citogenética.

Os demais capítulos são dedicados ao milho pipoca, que é considerado um tipo de milho especial por sua capacidade de expandir, quando submetido a temperaturas elevadas (Ziegler, 2001), transformando-se em um alimento, que faz parte das estratégias agroalimentares dos agricultores do Extremo Oeste de Santa. O cultivo e consumo do milho pipoca na região podem ser considerados um componente cultural, talvez particular ao sul do Brasil. Isso porque antes do processo de colonização do país, somente os *Guaranis* (Brieger et al., 1958; Paterniani & Goodman, 1977) cultivavam milho pipoca para uso na alimentação. Esta herança genética e cultural permanece no cotidiano dos agricultores da região de estudo. Com base nisso, no terceiro capítulo, foi investigada as estratégias de conservação e manejo do milho pipoca realizado pelas agricultoras, sua diversidade baseada na taxonomia local, os sistemas locais de trocas de sementes e se existem processos de perda de diversidade. Apesar do reconhecimento sobre a importância da conservação *in situ-on farm*, poucos estudos científicos analisaram como a diversidade das espécies cultivadas é realmente mantida nos campos dos agricultores, sobretudo no Brasil. Este aspecto é particularmente importante para o estabelecimento de políticas públicas e projetos de desenvolvimento de apoio à conservação realizada pelos agricultores.

Dentre os diversos estudos sobre a diversidade do milho, o milho pipoca é um grupo muito pouco estudado e utilizado (Corona et al., 2013). O conhecimento sobre sua diversidade no Brasil é praticamente inexistente, inclusive da diversidade passada, reportada na classificação de raças do Brasil por Paterniani & Goodman (1977); foram descritas apenas duas raças de milho pipoca para todo o país. Passado quase 40 anos, a classificação de raças do Brasil jamais foi atualizada. O conceito de raças proposto por Anderson & Cutler (1942) é muito apropriado para organizar a diversidade de uma determinada região, principalmente por basear-se em características morfológicas da espiga, que são facilmente reconhecidas pelos agricultores; são estas características utilizadas pelos agricultores para manter a identidade genética de suas variedades (Louette et al., 1997; Louette & Smale, 2000). Da mesma forma, informações sobre o potencial de variedades locais quanto a principal característica do milho pipoca são escassas na literatura científica. Com base nisso, no quarto capítulo, foi realizada a caracterização de 85 variedades locais de pipoca quanto à sua capacidade de expansão, com o objetivo de verificar o potencial das variedades conservadas pelos agricultores da região. O quinto dedicou-se a abordar a classificação de raças de milho pipoca, com o intuito de verificar se a diversidade presente no Extremo Oeste de Santa Catarina pode ser estruturada segundo este nível de diversidade; se existem antigas e/ou novas raças.

A completa compreensão sobre a diversidade de milho pipoca perpassa pelo conhecimento da sua origem e da história desse recurso genético que em algum momento da história foi incorporado às estratégias agroalimentares dos agricultores familiares. Na história evolutiva do milho, o grupo das pipocas tem se destacado como um importante componente das discussões em curso sobre a origem da espécie, por ser um dos grupos mais antigos (Welhausen et al., 1951; Brieger et al., 1958). Existe a hipótese que aponta o consumo de pipoca como ponto de partida para o início do processo de domesticação do milho na região do rio Balsas, sul México; provavelmente de maneira acidental, algumas sementes de teosinto caíram ao fogo, provocando a expansão da porção de amido, liberando, dessa forma, uma pequena pipoca do grão (Muñoz-Orozco 2003; Sánchez, 2004). Erwin, em 1949, revisou criticamente as referências históricas sobre a origem do milho pipoca, sugerindo que este se originou de uma mutação do milho *flint* (duro). Anos depois, Brunson em 1955, baseado em evidências

arqueológicas e pelo fato da capacidade de expansão ser uma característica controlada por muitos genes, concluiu que a hipótese proposta por Erwin era improvável. Na América do Sul, registros arqueológicos de milho pipoca datam de 6.000 AP (Grobman et al., 2012), sugerindo que a populações daquela época já consumiam o milho na forma de pipoca. Diante desse contexto, no sexto capítulo, foi investigado as possíveis origens do milho pipoca do Extremo Oeste de Santa Catarina, a partir de um estudo preliminar das relações filogenéticas entre variedades dessa região e de outros países da América, com o intuito de subsidiar futuros estudos sobre as rotas de dispersão do milho pipoca. Ao final da tese, são apresentadas as principais conclusões e perspectivas futuras.

Este estudo foi um trabalho colaborativo que envolveu agricultores familiares do Extremo Oeste de Santa Catarina, a parceria de instituições e organizações locais (Secretaria de Educação dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Secretaria da Saúde do município de Anchieta, Paróquia Santa Lúcia de Anchieta, Movimento dos Pequenos Agricultores (MPA), Movimento de Mulheres Camponesas, Sindicato dos Trabalhadores na Agricultura Familiar do município de Anchieta (SINTRAF), Associação dos Pequenos Agricultores Plantadores de Milho Crioulo Orgânico e Derivados (ASSO), Associação Central de Desenvolvimento das Microbacias Hidrográficas de Guaraciaba, Instituto Socioambiental Porerekan), o apoio de estudantes de graduação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), o Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo, a Universidade da República do Uruguai, pesquisadores, professores e demais integrantes do NEABio. O projeto recebeu apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) e do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA).

4. REFERÊNCIAS

Abadie T, Cordeiro CM, Andrade RV, Magalhães JR, Parentoni SN (2000) A coleção nuclear de germoplasma de milho no Brasil. In: Udry CV, Duarte W. Uma história brasileira do milho – o valor dos recursos genéticos. Brasília. pp. 65-78

- Alves AC (2004) Milho Crioulo: rendimento de grãos e características agrônômicas. In: Canci, A.; Vogt, G.A.; Canci, I.J. A diversidade das espécies crioulas em Anchieta-SC. São Miguel do Oeste-SC: McLee, p.87-94
- Anderson E, Cutler H (1942) Races of Zea mays. I. Their recognition and classification. *Ann. Mo. Bot. Gard*, v.29, p.69-89
- Bevilaqua GAP, Antunes IF, Barbieri RL, Schwengber JE, Silva SD dos A, Leite DL, Cardoso JH (2014) Agricultores guardiões de sementes e ampliação da agrobiodiversidade. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 31, n. 1, p. 99-118
- Bevilaqua GAP, Antunes IF, Barbieri RL, Silva SD dos A (2009) Desenvolvimento in situ de cultivares crioulas através de agricultores guardiões de sementes. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 1273-1275
- Brieger FG, Gurgel JTA, Paterniani E, Blumeschein A, Alleonu MR (1958) Races of maize in Brazil and other eastern South American countries. Pub. 953. NAS-NRC, Washington, D.C.
- Brunson AM (1955) Popcorn, in Corn and Corn Improvement, Sprague, GF (ed). American Society of Agronomy, Madison, WI, p.423.
- Camacho Villa TC, Maxted N, Scholten M, Ford-Lloyd (2006) Defining na identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources* 3:373-384
- Canci A (2010) Kit diversidade: estratégias para a segurança alimentar e valorização das sementes locais. São Miguel do Oeste: Instituto de Agrobiodiversidade e Desenvolvimento Sócioambiental
- Canci A, Guadagnin CA, Guadagnin CMI (2004) A diversidade das espécies crioulas em Anchieta – SC: Diagnóstico, resultado de pesquisa e outros apontamentos para a conservação da agrobiodiversidade. São Miguel do Oeste: McLee, 112p
- Canci IJ (2006) Relações dos sistemas informais de conhecimento no manejo da agrobiodiversidade no oeste de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis
- Canci IJ, Brassiani I (2004) Anchieta: história, memória e experiência – uma caminhada construída pelo povo. São Miguel do Oeste, SC: McLee, 418p

- Corona AO, Herrera MJG, Ortiz RE (2013) Diversidad e distribución del maíz nativo y sus parientes silvestres en México. Biblioteca Básica de Agricultura, México, p263
- Erwin AT (1949) The origin and history of popcorn, *Zea mays* L. var. *indurata* (Sturt.) Bailey mut. *Everta* (Sturt) Erwin, Agron. J. 41-53.
- Gonçalves GMB, Souza R, Cardozo AM, Lohn, AF, Canci A, Guadagnin CA, Ogliari JB (2013) Caracterização e avaliação de variedades de arroz de sequeiro conservados por agricultores do Oeste de Santa Catarina. Revista Agropecuária Catarinense, 26:630-69
- Grobman A, Bonavia D, Dillehay TD, Piperno DR, Iriarte J, Holst, I (2012) Preceramic maize from Paredones nd Huaca Prieta, Peru. Proc Natl Acad Sci USA 109: 1755–1759
- Hernandez JAS (2009b) The origin and diversity of maize in the American continent. Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Mexico, pp 36
- Kist K, Albino VS Maraschin M, Ogliari JB (2014) Genetic variability for carotenoid content of grains in a composite maize population. Scientia Agricola 71:480-487
- Kist V, miranda Filho, JB, Ogliari, JB (2010) Genetic potential of a maize population from Southern Brazil for the modified convergent–divergent selection. Euphytica 176:25-36
- Kuhnen S, Lemos PMM, Campestrini L, Ogliari JB, Dias PF, Maraschin M (2009) Antiangiogenic properties of carotenoids: A potential role of maize as functional food. Journal of Functional Foods 1:284-290
- Kuhnen S, Lemos PMM, Campestrini LH, Ogliari JB, Dias PF, Maraschin M (2011) Carotenoid and anthocyanin contents of grains of Brazilian maize landraces. Journal of the Science of Food and Agriculture
- Kuhnen S, Dias PF, Ogliari JB, Maraschin M (2012) Brazilian Maize Landraces Silks as Source of Lutein: An Important Carotenoid in the Prevention of Age-Related Macular Degeneration. International Journal of Food Sciences and Nutrition 3:1609-1614
- Kuhnen S, Ogliari JB, Dias PF, Santos MS, Ferreira AG, Bonham CC, Wood KV (2010b) Metabolic fingerprint of brazilian maize landraces silk (stigma/styles) using nmr spectroscopy and

- chemometric methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58:2194-2200
- Kuhnén S, Ogliari JB, Dias PF, Boffo EF, Correia I, Ferreira AG, Delgadillo I, Maraschin M (2010a) ATR-FTIR spectroscopy and chemometric analysis applied to discrimination of landrace maize flours produced in southern Brazil. *International Journal of Food Science & Technology* 45:1673-1681
- Louette D, Charrier A, Berthaud J (1997) In situ conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany* 51: 20-38
- Louette D, Smale M (2000) Farmers' seed selection practices and traditional maize varieties in Cuizalapa, Mexico. *Euphytica* 113: 25-41
- Machado AT, Santilli J, Magalhães RA (2008) A Agrobiodiversidade com enfoque agroecológico: implicações conceituais e jurídicas. Textos para discussão, Brasília, DF: EMBRAPA
- Matsuoka Y, Vigouroux Y, Goodman MM, Sánchez JJ, Buckler E, Doebley JF (2002) A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99:6080-6084
- Muñoz-Orozco A. Centli-maíz: prehistoria e historia, diversidad, potencial, origen genético y geográfico. 1st ed. Montecillos: Colegio de Posgraduados; 2003.
- Ogliari JB, Alves AC (2007) Manejo e Uso de Variedades de Milho como Estratégia de Conservação em Anchieta. In: de Boef WS, Thijssen MH, Ogliari JB, Sthapit, BR (ed) Biodiversidade e agricultores: fortalecendo o manejo comunitário. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, pp 219-226
- Ogliari JB, Kist V, Canci A (2013) The participatory genetic enhancement of a local maize variety in Brazil. In: de Boef WS, Subedi A, Peroni N, Thijssen M, O'Keeffe E (ed) Community biodiversity management, promoting resilience and the conservation of plant genetic resources, 1rd edn. Abingdon, Oxon, pp 265-71
- Osório GT, Ogliari JB, Silveira RP (2014) Manutenção e perda de sementes crioulas de alface e radicchio conservadas por agricultores de Anchieta. In: III Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos, Santos

- Osório GT, Silveira RP, Ogliari JB (2014) Manutenção e perda de sementes de alface e radicchio conservadas por agricultores de Anchieta. In: III Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos, Santos
- Paterniani E, Goodman MM (1977) Races of maize in Brazil and adjacent areas. CIMMYT, Mexico City, Mexico
- Perales RH, Golicher D (2014) Mapping the diversity maize races in Mexico. PloS One, 12:1-20
- Pinto TT, Gonçalves GMB, Souza R, Osório GT, Ogliari JB (2014) La diversidad genética de las variedades criollas de arroz de secano. In: XLIII Congreso Argentino de Genética, 2014, San Carlos de Bariloche. BAG. Journal of basic and applied geneticsa. Buenos Aires, v.25
- Sánchez JAC. Domesticación inicial del maíz: evaluación experimental de algunos móviles. D.Sc. Thesis, Colegio de Postgraduados. 2004. Available: <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=COLPOS.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=036903>
- Santilli J (2009) Agrobiodiversidade e direitos dos agricultores. São Paulo: ISA, 519 p
- Sasse S. Caracterização de variedades locais de milho procedentes de Anchieta – SC quanto à resistência a *Exserohilum turcicum*. 2008. 88 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2008.
- Silveira RP, Osório GT, Ogliari JB, Kuhn S (2014) Diversidade de sementes crioulas de *Solanum lycopersicum* L. em Anchieta, SC. In: III Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos, Santos
- Uarrotta VG, Amante ER, Demiate IM, Vieira F, Delgadillo I, Maraschin, M (2012) Physicochemical, thermal, and pasting properties of flours and starches of eight Brazilian maize landraces (*Zea mays* L.). Food Hydrocolloids 30:614-624
- Vogt GA (2005) A dinâmica do uso e manejo de variedades locais de milho em propriedades agrícolas familiares. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis
- Vogt GA, Alves AC, Canci A, Hemp S (2009) Retrato do Sistema de Manejo de Variedades Locais de Milho em Anchieta, SC. Revista brasileira de agroecologia, 4: 84-88

- Warburton ML, Wilkes GH, Taba S, Charcosset A, Mir C, Dumas F, Madur D, Dreisigacker S, Bedoya C, Prasanna BM, Xie CX, Hearne S, Franco J (2011) Gene flow among different teosinte taxa and into the domesticated maize gene pool. *Genetic Resouces and Crop Evolution* 58:1243-1261
- Wellhausen, E.J.; Roberts, L.M.; Hernández, X.E. (en colaboración con P. C. Mangelsdorf). Razas de Maíz en México. Su origen, características y distribución. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaria de Agricultura y Ganadería. México, D.F, p.23-47, 1951.
- Zeven AC (1998) Landraces: a review of definitions and classifications. *Euphytica* 104: 127-139
- Ziegler KE (2001) Popcorn. In: Hallauer AR (ed) Specialty corns. CRC Press, Boca Rato, Florida, pp205–240

CAPÍTULO I

Distribuição e diversidade de variedades locais no Extremo Oeste de Santa Catarina: proposta de indicação de um *micro-centro* de diversidade de *Zea mays* L.⁸

RESUMO

Estudos realizados no Extremo Oeste de Santa Catarina, localizado no Sul do Brasil, têm demonstrado que a região possui uma importante riqueza de variedades locais de milho conservadas *in situ-on farm*. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a diversidade de variedades locais dessa espécie da região, bem como sua distribuição geográfica, por meio da proposta metodológica *Censo da Diversidade*. A pesquisa de campo foi realizada em 70 comunidades rurais, envolvendo 2.049 agricultores. A metodologia permitiu identificar populações de parentes silvestres e 1.513 populações locais de milho, sendo 1.078 de milho pipoca, 337 de milho comum, 61 de milho doce e 37 de milho farináceo. A identificação de 59 grupos morfológicos, a riqueza de valores de uso, adaptativos e agronômicos e os valores do Índice de Shannon (H') estimados com base no formato (0,79), rigidez do endosperma (0,73), tamanho (0,87), cor de grão (1,40) e grupo morfológico (3,16) demonstraram a expressiva diversidade conservada nesta região. A diversidade identificada no Extremo Oeste de Santa Catarina, associada à atividade humana local e aos aspectos socioculturais, bem como a presença de parentes silvestres permitiu caracterizar a região de estudo como um ‘micro-centro de diversidade’ de *Zea* sp.

Palavras chave: centros de diversidade; conservação *in situ-on farm*; parentes silvestres, variedades locais.

⁸Artigo em processo de elaboração. Autoras: Flaviane Malaquias Costa, Natália Carolina de Almeida Silva, Juliana Bernardi Ogliari.

ABSTRACT

Corn genetic variability, one of the largest among cultivated species, particularly in the Far West of Santa Catarina, southern Brazil, has shown a rich store of landraces, conserved *in situ* on farms by family farmers. Thus, the aim of this study was to characterize the diversity of *Zea mays* L. landraces in two municipalities of this micro-region in Santa Catarina, as well as its geographic distribution, using the method proposed on the *Census of Diversity*. Diagnosis was made according to the farmers' knowledge. The field survey was conducted in 70 rural communities involving 2,049 farms. The methodology allowed identifying populations of wild relatives and 1,513 populations of corn landraces, comprising 1,078 species of popcorn, 337 of common corn, 61 of sweet corn and 37 of flour corn species. The identification of 59 morphological groups, the high use, adaptive and agronomic values, and the Shannon index (H'), estimated according to the grain shape (0.79), endosperm rigidity (0.73), size (0.87), color (1.40), and morphological group (3.16), showed a considerable diversity conserved on farm in this region. Varieties richness and the presence of wild relative species, associated with the local human activity and sociocultural aspects, allowed to characterize the Far West of Santa Catarina as a "microcenter of diversity" of *Zea mays* L.

Keywords: center of diversity; *in situ* conservation on-farm; landrace; wild crop relatives.

1. INTRODUÇÃO

A primeira pesquisa mundial sobre a distribuição geográfica da variação genética das espécies cultivadas foi coordenada por Vavilov (Vavilov 1951; 1992), que definiu os ‘centros de origem’ das espécies cultivadas. Ao encontrar a diversidade genética vegetal distribuída de forma desigual ao redor do mundo, Vavilov propôs como ‘centro de origem’ da espécie cultivada a região geográfica na qual a diversidade genética está mais concentrada, sobretudo se nessas áreas nucleares estiverem presentes as plantas colonizadoras e os parentes silvestres relacionados com as mesmas e a partir das quais estas últimas se dispersaram.

Nas últimas décadas, o conceito de ‘centro de diversidade’ evoluiu em paralelo ao conceito de ‘centro de origem’ e, a partir disso, diversos autores têm proposto diferentes conceitos e denominações para referir-se aos ‘centros de diversidade’ (Harlan 1975; 1992; Hawkes 1983; Clement 1999; Valois et al. 1996; Hernandez 2009a). Quanto ao conceito, é consenso atualmente considerar que os ‘centros de diversidade’ não correspondem necessariamente a áreas nucleares (delimitadas espacialmente), onde as espécies cultivadas se originaram e dispersaram. Tão pouco é obrigatório que estas espécies já domesticadas coabitem com os seus parentes silvestres e espécies colonizadoras. E com relação à concentração da diversidade, a espécie cultivada pode ou não desenvolver a máxima diversidade em seu local de origem filogenética.

Se a distribuição conhecida das espécies de um gênero ou das variedades de uma espécie for projetada em um mapa, normalmente serão encontradas uma ou mais áreas onde é marcante a concentração intra ou interespecífica. Essas áreas são denominadas ‘centros de diversidade genética’, ‘centros de diversidade do gênero’ ou simplesmente ‘centros de diversidade’ e, conforme o aumento da distância entre esses centros decresce o número de espécies encontrado (Stace 1989). Os ‘centros de diversidade’, portanto, devem ser vistos como centros de acumulação de germoplasma e de domesticação *in situ* (Harlan 1975, Hawkes 1983), desenvolvidos por populações humanas, as quais obtêm, cultivam e melhoram os seus cultivos, de modo a permitir a manutenção nutricional de suas elevadas densidades populacionais (Clement 1999).

Os ‘centros de diversidade’ podem ser determinados pelos seguintes critérios: i) regiões que atualmente englobam populações dos parentes silvestres, incluindo diferentes raças ou variedades da espécie cultivada, as quais constituem uma reserva genética; ii) áreas geográficas onde ocorreram os processos de domesticação ou diversificação, que por sua natureza estão relacionados à atividade humana e continuam se manifestando no presente, e; iii) áreas geográficas onde existe diversidade morfológica, genética ou ambas de determinadas espécies. No contexto geográfico são imprescindíveis os fatores genéticos, biológicos, socioculturais, ecológicos e evolutivos para caracterizar uma região enquanto ‘centro de diversidade’ (Hernandez 2009a).

Na concepção de Harlan (1971; 1975; 1992), a concentração da diversidade em uma região geográfica pode ser classificada em três níveis: i) os ‘centros de diversidade’, que estão associados a áreas restritas com elevada diversidade; ii) os ‘não-centros de diversidade’, relacionados a áreas amplas com moderada diversidade e; iii) os ‘micro-centros de diversidade’, relacionados a áreas geográficas muito restritas, dentro dos quais é acumulada enorme diversidade (Harlan 1975; 1992) e cuja fonte de variação decorre principalmente de atividade evolucionária corrente.

Apesar da falta de pesquisas que delimitem e conceituem a abrangência do uso de escalas espaciais na identificação dos ‘centros de diversidade’, estudos com esse foco podem ser elucidativos para a identificação de três escalas espaciais primárias - macrogeográfica, mesogeográfica e microgeográfica - onde a diversidade biológica das culturas pode ser agrupada. Nesse contexto, uma microrregião pode abranger uma área de 1.000 a 10.000 km² (Zimmerer & Douches 1991), assim como os ‘centros menores de diversidade’ correspondem a áreas restritas com moderada a elevada concentração de recursos genéticos de plantas cultivadas, por influência antrópica corrente ou passada (Clement 1999). Neste caso, a concentração da diversidade está relacionada com um grupo humano portador de cultura específica, com tecnologia agrícola significativa e, por isso, pode ser considerado como um centro de acumulação ao longo do tempo (Clement 1999).

A caracterização da distribuição espacial da diversidade e o reconhecimento da especificidade taxonômica nos ‘micro-centros de diversidade’ podem ser moldados pela biogeografia das espécies cultivadas, bem como por aspectos humano-geográficos, que envolvem

o grupo étnico, cujos habitantes partilham de uma identidade local e traços culturais, relações sociais, organização e uso do solo e fatores econômicos diversos. No Altiplano do Peru, por exemplo, as microrregiões, muitas vezes, correspondem a municípios, departamentos políticos, territórios administrativos que refletem padrões de organização econômica e sócio-cultural do passado e do presente (Zimmerer & Douches 1991).

O milho é um excepcional exemplo da interação humana com as espécies cultivadas. Sua variabilidade genética é uma das maiores entre as espécies cultivadas, com aproximadamente 400 raças identificadas no mundo, sendo 300 no continente Americano (Paterniani and Goodman 1977; Paterniani et al. 2000; Vigouroux et al. 2008; Prasana 2012). O milho e os seus parentes mais próximos, denominados teosintos, pertencem ao gênero *Zea*. O gênero é composto por cinco espécies nativas do México e da América Central e está dividido em duas seções: *Zea* e *Luxuriantes* (Doebley and Iltis 1980; Iltis and Doebley 1980; Doebley 1983; Doebley 1990; Kato et al. 2009).

A domesticação do milho ocorreu a partir de populações de *Zea mays* L. ssp. *parviglumis*, na região Sul do México, há aproximadamente 9.000 anos antes do presente - AP (Matsuoka et al. 2002). Desde o início do seu processo de domesticação, o milho foi rapidamente disperso para fora do seu centro de origem possibilitando sua adaptação a diversos *habitats* e contextos culturais, resultando em uma distribuição maior do que aquela apresentada pelos seus parentes silvestres mais próximos.

Esta distribuição permitiu o surgimento de centros de diversificação da espécie *Zea mays* L., em diferentes agroecossistemas ao redor do mundo. Esses centros, por sua vez, não correspondem aos ‘centros de origem’ da espécie ou do gênero em questão. As regiões de Chiapas, Mesa Central e Sierra Madre Ocidental são indicadas como ‘centros de diversidade genética’ de milho, no México (Ovando 2009). A Bolívia e o Peru apresentam o maior número de raças de milho catalogadas da América, com 77 e 66 raças (Hernandez 2009b), respectivamente, superando o México (59 raças; Perales & Golicher, 2014). A existência desses ‘centros de diversidade’ foi ocasionada pela hibridação de populações, associada às pressões de seleção realizadas pelo ser humano (Ovando 2009) e por aquelas impostas pelos ambientes diversos onde o milho foi e vem sendo cultivado.

O Brasil é considerado centro de diversidade secundário de adaptação da espécie. O conhecimento sobre a diversidade do país foi

ampliado por meio de um estudo desenvolvido por Paterniani e Goodman (1977), que identificaram 34 raças das terras baixas da América do Sul, distribuídas em quatro grupos raciais: *Indígenas*, *Antigas Comerciais*, *Recentes Comerciais* e *Exótica*. As terras baixas da América do Sul englobam regiões com altitudes inferiores a 1.500m, as quais correspondem a 12.885.000 km² (72% do continente Sul Americano), abrangendo os seguintes países: Brasil, Argentina, Uruguai, Paraguai, Guianas e terras baixas da Bolívia (Paterniani e Goodman 1977). No Brasil, o milho era cultivado antes mesmo da colonização europeia (Paterniani 1998; Freitas et al. 2003), com a descrição das raças indígenas *Morotí*, *Caingang*, *Lenha*, *Entrelaçado* e *Pipocas Guarani*.

Apesar do amplo conhecimento adquirido em relação ao germoplasma de milho do Brasil e de outros países da América do Sul, relativamente são poucos os estudos que retratam a atual diversidade conservada *in situ-on farm*, sobretudo, do germoplasma procedente das terras baixas do continente. Além disso, os estudos sobre diversidade do milho tem se concentrado em caracterizar a diversidade *ex situ*, com amostragem geralmente reduzida a um pequeno número de indivíduos ou acessos (Matsuoka et al. 2002; Bracco et al. 2009).

Estudos realizados na região Extremo Oeste de Santa Catarina, sul do Brasil, tem demonstrado que os agricultores conservam e manejam uma expressiva riqueza de variedades locais de milho para diversas finalidades (Canci 2002; Vogt 2005; Canci et al. 2004; Canci 2006; Ogliari e Alves, 2007; Ogliari et al. 2013; Kist et al., 2014), além do potencial produtivo (Ogliari e Alves 2007; Kist et al., 2010; Ogliari et al., 2013; Kist et al., 2014) e como fontes naturais de carotenoides, antocianinas e compostos fenólicos (Kuhnen et al., 2009; Kuhnen et al., 2010a; Kuhnen et al., 2010b; Kuhnen et al., 2011; Kuhnen et al., 2013).

No entanto, os levantamentos sobre a diversidade da região foram realizados em nível amostral e, nestes casos, se o tamanho da amostra é aumentado, a diversidade identificada da região também pode aumentar. As metodologias realizadas em nível de censo (universo) para diagnósticos da diversidade poderiam solucionar o subdimensionamento das abordagens anteriores, mas pesquisas realizadas no âmbito do universo da diversidade são desconhecidas na literatura. Isto demonstra que novos estudos são necessários com o intuito de valorizar essa riqueza, identificar novas fontes de variabilidade genética, atualizar as

informações sobre a diversidade de milho, as raças e a sua distribuição geográfica.

Com base neste contexto e nos estudos anteriores, este trabalho foi desenvolvido com o intuito de responder as seguintes perguntas: i) Qual é a diversidade atualmente conservada *in situ-on farm* no Extremo Oeste de Santa Catarina? ii) Como a diversidade está distribuída? iii) A região pode ser considerada um *micro-centro de diversidade* de milho? Portanto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a diversidade de variedades locais dessa espécie da região, bem como sua distribuição geográfica, por meio da proposta metodológica Censo da Diversidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização da área de estudo

O estudo foi realizado nos municípios de Anchieta e Guaraciaba que ocupam uma área de 558,646 km². Anchieta está situado na latitude 26° 53' Sul e longitude 53° 33' Oeste e, Guaraciaba, na latitude 26° 35' Sul e longitude 53° 31' Oeste, região Sul do Brasil, mesorregião Oeste de Santa Catarina e microrregião Extremo Oeste. O clima é classificado como subtropical úmido (Cfa, classificação de Köppen), com temperatura média anual entre 18 a 19 °C, com ocorrência de geadas nos meses de inverno e precipitação anual média de 2000 mm (IBGE 2010). A região localiza-se na Bacia do Rio Uruguai, sendo que a vegetação nativa pertence ao bioma Mata Atlântica, um dos 25 *hot spots* do mundo (Myers et al. 2000).

2.2 Estratégia metodológica Censo da Diversidade

O Censo da Diversidade (Apêndice 1) consistiu em uma proposta metodológica desenvolvida pelo Núcleo de Pesquisas em Agrobiodiversidade (NEABio) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) para realizar estudos de diversidade, bem como inventariar a riqueza e abundância de espécies ou variedades locais, conservadas *in situ-on farm* por agricultores familiares, em regiões geográficas relativamente pequenas.

A pesquisa de campo foi realizada em 70 comunidades rurais desses dois municípios (Anchieta e Guaraciaba), durante o período de julho de 2011 a janeiro de 2012, envolvendo 2.049 agricultores (Tabela

1). A metodologia foi delineada para que todas as unidades familiares de produção desses dois municípios fossem visitadas e para que, pelo menos, um agricultor de cada família fosse entrevistado (Apêndice 1). O trabalho foi realizado em parceria com diversas organizações locais, envolvendo múltiplos atores sociais de ambos os municípios.

A coleta de dados foi realizada a partir de entrevistas semi-estruturadas, baseadas em grupos de perguntas focadas em dois eixos de informações (Apêndice 2). No primeiro eixo, foi realizada a caracterização do agricultor e da propriedade, bem como da prática de cultivo de milho, seja de cultivares oriundo do melhoramento genético formal/institucional (híbridos geneticamente modificados, híbridos não geneticamente modificados e variedades melhoradas de polinização aberta) e variedades locais. Neste grupo, foram obtidas informações sobre ‘o nome do agricultor’, ‘localização e tamanho da propriedade’ e ‘o tipo de milho cultivado’.

Tabela. 1 Área, número de comunidades e de agricultores entrevistados, nos municípios de Ancheita e Guaraciaba, SC, Sul do Brasil.

Caracterização do Local da Pesquisa	Anchieta	Guaraciaba	Total
Área (km ²)	228	330.646	558,7
Comunidades (N ^o)	30	40	70
Entrevistados (N ^o)*	876	1,173	2.049

*Número de unidades familiares de produção visitadas (pelo menos um familiar por propriedade).

No segundo eixo, foram obtidas informações para a identificação, distribuição espacial e caracterização da diversidade das variedades locais de milho, segundo a visão de diversidade dos próprios agricultores respondentes. Nesse último eixo, foram incluídas perguntas sobre ‘os descritores morfológicos associados ao grão (cor, rigidez do endosperma, formato e tamanho)’, ‘tempo e área de cultivo’, ‘os membros da família responsáveis pelo cultivo da variedade’ e ‘as razões (gostos, preferências e demais valores) pelas quais cultivam a variedade’. No momento da entrevista, também foram obtidas as coordenadas geográficas (em UTM) com auxílio de Global Positioning System (GPS) das áreas cultivadas com milho (crioulos e comerciais) ou dos locais da propriedade mais próximos aos campos de cultivo, conforme a acessibilidade.

Os dados foram processados em planilhas eletrônicas e as questões abertas foram transcritas na forma original do relato dos agricultores. As variáveis (qualitativas e quantitativas) foram agrupadas conforme as questões afins em diferentes planilhas denominadas planilhas de trabalho para facilitar as análises e a interpretação dos resultados. Para cada variável foi realizada análise exploratória e inferência dos dados por meio de estatísticas descritivas, conforme o número de observações que apresentaram dados completos. Quando pertinente, as informações foram agrupadas em categorias, como foi realizado para as variáveis relacionadas às características morfológicas do grão, origem, tempo de cultivo e valores associados aos usos e preferências (Agrônômica, Gastronômica, Alimentação Animal, Adaptativa, Estética, Econômica, Saúde, Cultural, Ornamental, Artesanal, Conservação da Diversidade, Nutricional e Medicinal).

A caracterização das variedades locais de milho foi baseada em grupos morfológicos, constituídos pela combinação dos descritores cor e rigidez do endosperma, tamanho e formato de grão. Para as análises, foram utilizadas somente as variedades locais que apresentaram dados completos para essas características e, a partir destas, foram elaboradas para grão sete categorias associadas a cor, três para rigidez do endosperma, três para formato e e três para tamanho (Tabela 2).

Tabela 2. Descritores morfológicos do grão (cor, formato, rigidez do endosperma e tamanho) e suas respectivas classes usadas para avaliar variedades locais de milho dois municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste Catarina, Sul do Brasil.

Descritor morfológico do grão	Classes						
	Am	Br	Pr	Rx	Mc	Rs	Rj
Cor ⁽¹⁾							
Formato	Redondo	Pontiagudo	Intermediário				
Rigidez do endosperma	Dentado	Semi-dentado	Duro				
Tamanho	Pequeno	Médio	Grande				

⁽¹⁾Am=amarelo, Br=branco, Pr=preto, Rx=roxo, Mc=multicolorido, Rs=rosado, Rj=rajado

A diversidade foi estimada por meio do Índice de Diversidade de Shannon (H') baseado nas características morfológicas do grão (Shannon 1948). O H' foi estimado individualmente para os descritores morfológicos (cor, rigidez do endosperma, formato e tamanho) e para o grupo morfológico. Esse índice de diversidade leva em consideração as respectivas proporções de cada população em cada classe de variável analisada, dentro da área de estudo (riqueza e abundância), conforme a equação:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i,$$

com $p_i = n_i/N$, onde p_i é a abundância relativa (proporção) da variedade i na amostra; n_i é o número de variedades diferentes dentro da classe i da variável; e N , o número total de variedades com dados completos.

Os Índices de Diversidade são utilizados para mensurar a variabilidade a partir da riqueza e da frequência que uma variável ou caráter ocorre. A riqueza constitui em uma medida direta da diversidade que deve ser compreendida como a quantidade de unidades de diversidade observada e tem sido amplamente utilizada para estimar a diversidade de populações de plantas (Frankel et al. 1995). Estes permitem fazer comparações dentro das diferentes populações que podem correlacionar-se com outros fatores e, também, comparações entre populações. O Índice de Shannon foi utilizado em outros estudos para estimar a diversidade entre e dentro populações de milho a partir de características morfológicas (Siopongco et al. 1999; Li et al. 2002, Lucchin et al. 2003; Vilaró, 2013; Portugal et al. 2001). Além disso, conforme Amri et al. (2000) para dados qualitativos ou em uma escala nominal, como foi adotado nesta tese, o Índice de Shannon é o mais adequado.

2.3 Análise espacial da diversidade genética baseada nas características morfológicas do grão

O mapa da distribuição espacial da diversidade foi elaborado com base na característica morfológica cor do grão e no Índice de Diversidade de Shannon (Shannon 1948), estimado com base na variável referente aos grupos morfológicos. Os mapas foram elaborados com o auxílio do programa DIVA-GIS 7.5.0 (Hijmans et al. 2001), aplicado especificamente para o manejo e a análise de bases de dados

relacionados a recursos genéticos. A ferramenta de análise *Point to Grid* foi utilizada com o intuito de dividir uma série de células de igual superfície e estimar a diversidade presente dentro destas unidades de medida geográfica.

3. RESULTADOS

3.1 Identificação e distribuição espacial das variedades locais de milho

Do total de 2.049 agricultores entrevistados, 1.688 cultivam milho (variedade locais ou não), sendo que 716 (42%) cultivam variedades locais de milho pipoca e 348 (21%) cultivam variedades locais de milho comum/doce/farináceo. Com relação à quantidade foi identificado um total de 1.513 variedades locais, sendo 1.078 (71%) de milho pipoca, 337 (22%) de milho comum, 61 (4%) de milho doce e 37 (3%) de milho farináceo. A classificação quanto ao tipo de endosperma do grão em quatro categorias - *comum*, *pipoca*, *doce* e *farináceo* - foi realizada com base na avaliação de descritores científicos e também com base nos valores de uso atribuídos pelos agricultores.

Em geral, o *milho comum* compreendeu variedades que apresentaram grãos dentados, semi-dentados, semi-duros e raramente duros, segundo os descritores científicos. De um modo geral, a distinção entre milhos semi-dentados e semi-duros não era feita pelos agricultores e, por isso que, para a rigidez do endosperma, as populações foram agrupadas em três classes (dentado, semi-dentado e duro). Por outro lado, a distinção entre *comum* e *pipoca* era facilmente percebida por eles. No caso do milho *doce*, além da identificação pelo tipo de grão enrugado, também foram incluídas na mesma classe as variedades portadoras de sabor doce ou adocicado, conforme a indicação do agricultor, uma vez que, na maioria das situações, não havia sementes ou espigas para demonstração no momento em que as entrevistas foram realizadas. Para o milho *farináceo*, foi considerada apenas a indicação do agricultor, por meio dos valores de uso ao referir que a variedade apresentava potencial para produção de farinha.

Além do elevado número de variedades locais, também foram identificadas populações de parentes silvestres de milho, cuja espécie e procedência são desconhecidas. A Figura 1 apresenta a distribuição espacial das variedades locais de milho.

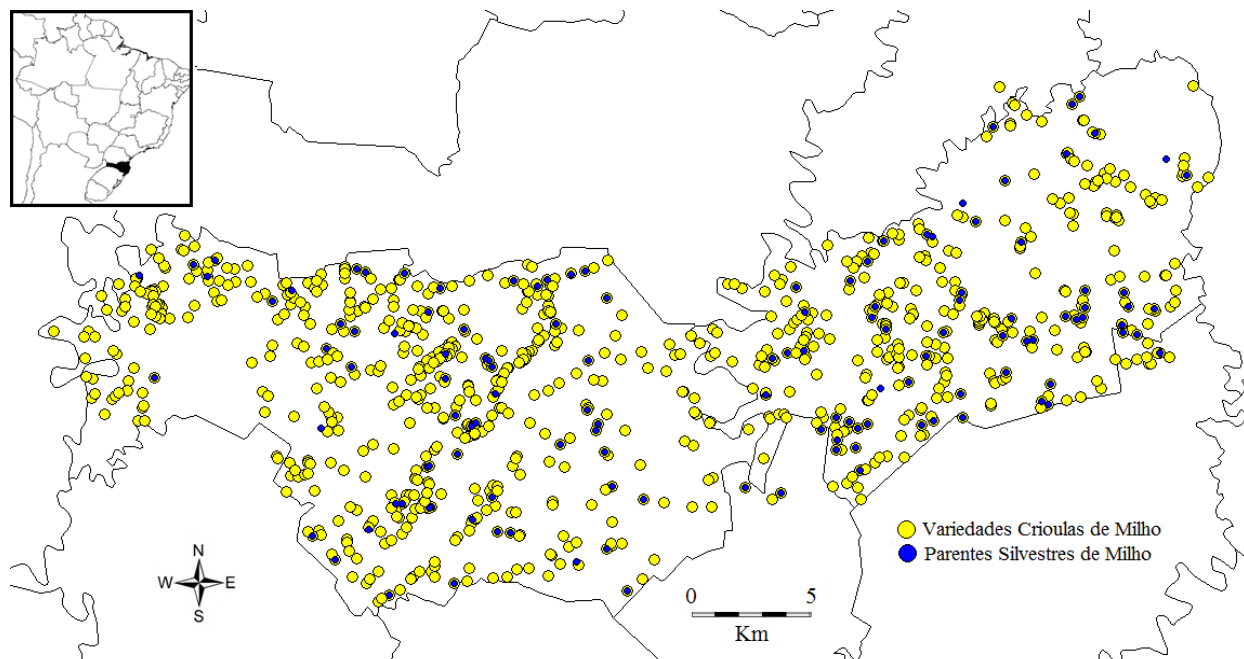


Figura 1. Distribuição espacial das variedades locais e parentes silvestres do milho, nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.

3.2 Diversidade fenotípica baseada nas características morfológicas do grão

Quando foram estimados os percentuais de variedades locais em cada classe de uma determinada variável morfológica – cor, rigidez do endosperma, formato e tamanho – foi possível observar um predomínio de variedades portadoras de grãos de cor *Amarelo*, para os milhos comum e farináceo, e cor *Branco*, para os milhos doce e pipoca; rigidez do endosperma *Dentado*, para os milhos comum, farináceo e doce; formato *Redondo* e tamanho *Pequeno*, para o milho pipoca.

Para a cor do grão (Figura 2), em relação a todas as variedades locais, os percentuais de cada classe foram *Amarelo* (39%), *Branco* (35%), *Preto* (9%), *Roxo* (8%), *Multicolorido* (6%), *Rajado* (1%) e *Rosado* (1%); para formato, em relação ao total de variedades de milho pipoca, os percentuais foram *Redondo* (53%), *Pontiagudo* (44%) e *Intermediário* (3%) e; para rigidez do endosperma, em relação às variedades locais de milho comum, farináceo e doce, foram *Dentado* (70%), *Semi-dentado* (17%) e *Duro* (13%). Os tipos de grão *Redondo*, *Pontiagudo* e *Intermediário* estão associados às variedades de milho pipoca, que apresentaram tamanho de grão *Pequeno* (48%), *Grande* (46%) e *Médio* (6%).

As variedades que apresentaram cor de grão *Multicolorido* foram aquelas que tiveram mais de duas cores de grãos na mesma espiga ou espigas com cores diferentes. A Figura 3 apresenta a distribuição espacial das variedades locais de milho cultivadas nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, segundo a característica cor de grão.

As cores de grão *Branco* e *Amarelo* encontram-se amplamente distribuídas em todas as comunidades dos dois municípios. As variedades portadoras de cor de grão *Roxo*, *Rosado*, *Rajado*, *Preto* e *Multicolorido* estão concentradas em comunidades específicas e apresentam frequência relativamente inferior às variedades de cor *Branco* e *Amarelo*. Entretanto, possuem particularidades apreciadas pelo moinho de farinha e consumidores locais, por seu valor nutricional e por serem cultivadas em sistema orgânico.

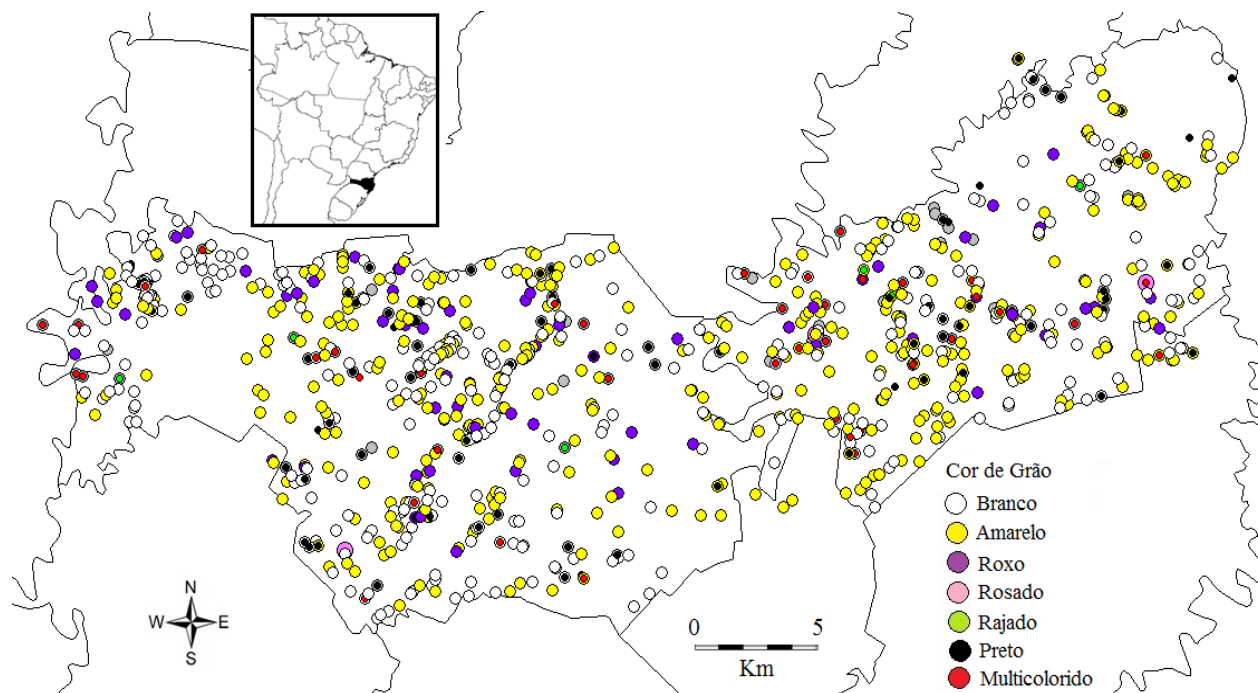


Figura 2. Distribuição espacial das variedades locais de milho cultivadas nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, segundo a característica cor de grão.

Em Cuzapala, no México, a maioria das variedades identificadas em uma pesquisa apresentou cor de grão branco, e também foram observadas as cores amarelas e roxas (Louette et al. 1997). Em uma classificação de raças, em Guanajuato, no México, a maioria das variedades amostradas apresentou cor de grão branco (68,5%), seguido por preto (17,9%), vermelho (11,3%), amarelo (1,6%) e pintado (0,8%) (Gomez et al. 2000). Em uma pesquisa realizada no Arquipélago da Madeira, a diversidade genética de 43 variedades locais de milho foi avaliada por meio de características morfológicas e reprodutivas. Observou-se a predominância do tipo de grão duro e as cores variaram do branco ao amarelo, e vermelho raramente. Os quatro grupos identificados por meio da análise de agrupamento associaram-se à cor do grão (Carvalho et al. 2008).

Quando as classes associadas à cor, ao formato, ao tamanho e à rigidez do endosperma são combinadas, é possível identificar 59 grupos morfológicos de grãos diferentes, considerando todas as variedades locais de milho (comum, doce, farináceo e pipoca). A Figura 3 apresenta a frequência absoluta das variedades locais de milho dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, classificadas por grupo morfológico.

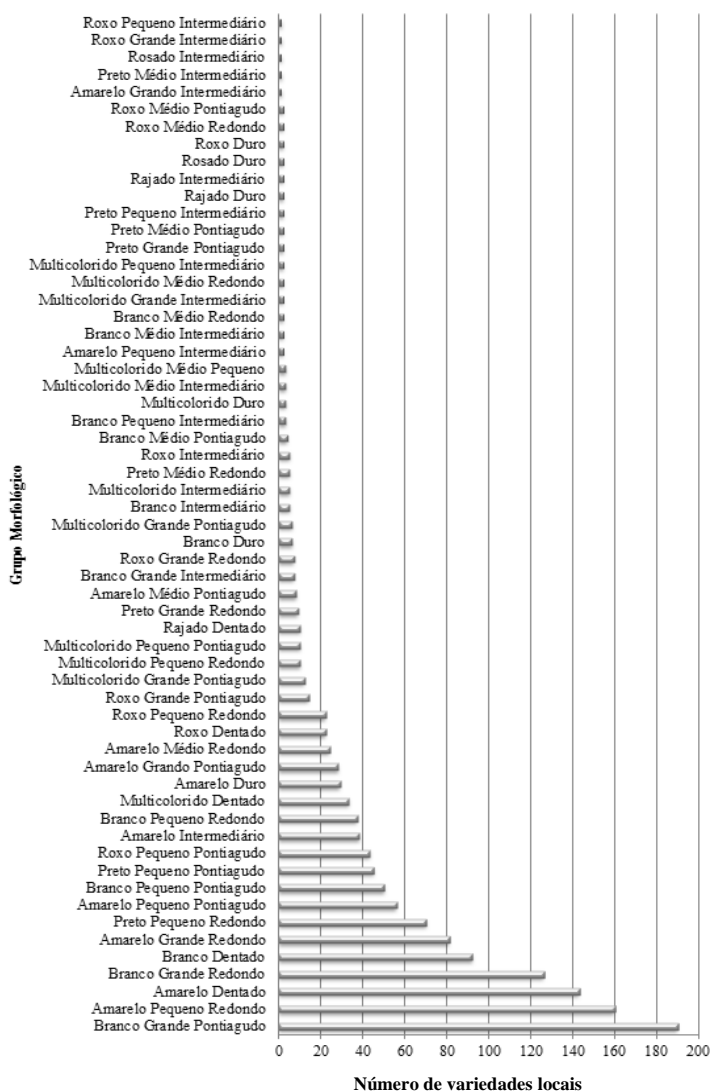


Figura 3. Frequência absoluta das variedades locais de milho classificadas por grupo morfológico dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.

Os valores estimados do Índice de Shannon (H') foram de 1,4 e 3 para cor de grão e grupo morfológico, respectivamente, associados a todas as variedades locais; 0,9 e 0,8 para tamanho e formato de grão, nessa ordem, associados às variedades de milho pipoca e; 0,7 para rigidez do grão associados às variedades de milho comum, farináceo e doce. O mapa da distribuição espacial da diversidade das variedades locais de milho obtido a partir da estimativa de H' para os grupos morfológicos associados a todas as variedades locais está apresentado na Figura 4. As áreas com maior diversidade não envolvem todas as comunidades e encontram-se localizadas em regiões específicas dos municípios. As áreas de menor diversidade, entretanto, possuem variedades locais com particularidades especiais, como as variedades portadoras de cor de grão *Roxo*, apreciadas pelos agricultores da região por seu valor nutricional, gastronômico e artesanal. Além disso, quando se verifica as regiões de maior diversidade para cada tipo de milho, observa-se que as áreas não são coincidentes.

Em comparação, a diversidade fenotípica da coleção de germoplasma da China foi avaliada, considerando 13.521 populações locais e 3.258 variedades melhoradas. Os valores de H' registrados para tipo de grão foi de 1,408 para acessos procedentes de países da América, 1,077 para acessos da Europa e 1,307 para acessos de países da Ásia, África e Oceania (Li et al. 2002). A diversidade das coleções de germoplasma de milho dos países do Cone Sul (Brasil, Paraguai, Uruguai, Chile, Bolívia e Argentina) para tipo de grão também foi avaliada, em outro estudo, envolvendo 7.680 acessos. Os valores do H' , estimado especificamente para as coleções de milho do Brasil, variam de 0,272 a 1,358 (Vilaró 2013).

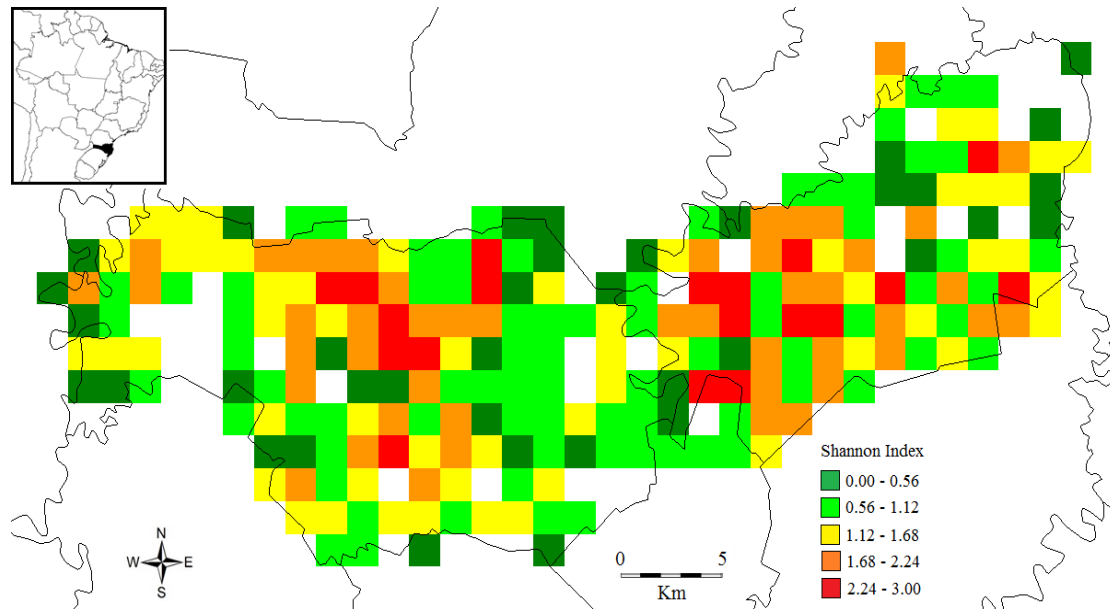


Figura 4. Distribuição espacial da diversidade das variedades locais de milho obtido a partir da estimativa de H' para os grupos morfológicos associados a todas as variedades locais dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.

3.3 Aspectos socioculturais que atuam sobre a diversidade

Os agricultores do Extremo Oeste de Santa Catarina obtêm suas sementes a partir de diferentes fontes, sendo que as três principais origens foram *Herança de Família* (28%), *Vizinho* (26%) e *Organização Local* (13%). A categoria *Organização Local* correspondeu a um conjunto de organizações formais e informais que representam os agricultores familiares da região. As demais origens corresponderam as seguintes categorias: *Agropecuária* (5%), *Feira de Sementes* (5%), *Outro Município* (3%), *Doação* (3%), *Outra Comunidade* (3%), *Outro Estado* (2%), *Organização Pública* (1%), *Multiorigem* (1%) e *Outro País* (1%). Foi observado um percentual de 9% de variedades locais, cujos agricultores não recordam a fonte de origem.

O tempo de cultivo pode ser considerado um componente importante na evolução e diversificação do milho, já que tanto aspectos adaptativos quanto culturais podem ser incorporados durante os ciclos de seleção realizados pelos agricultores. O tempo mínimo, máximo, a média e a mediana foram de 1, 100, 10 e 5 anos, respectivamente. O tempo médio (5 anos) e máximo (42 anos) identificados em um estudo anterior realizado na região (Vogt 2005) foram inferiores aos valores encontrados no presente trabalho. Na região dos Vales Centrais de Oaxaca, no México, foi identificado o tempo mínimo, médio e máximo de 1, 25 e 67 anos, respectivamente, em 152 variedades locais de milho (Bellon et al. 2003) e; na região de Cuzapala, no México, foi identificado o tempo máximo de 40 anos, considerando 26 variedades locais (Louette et al. 1997).

Foram estabelecidas quatro classes de tempo de cultivo: a) Classe I, de 0 a 5 anos de cultivo; b) Classe II, de 6 a 10 anos; c) Classe III, de 11 a 30 anos e; d) Classe IV, mais de 30 anos. A Classe I apresentou o maior número de variedades locais (51%), seguida da Classe II (21%), Classe III (19%) e Classe IV (6%). Estudos realizados por Serpolay-Besson et al. (2014) demonstram que variedades de polinização aberta selecionadas por agricultores da França e Itália evoluíram rapidamente em apenas duas gerações, especialmente em relação ao ciclo, mas mantendo a identidade da variedade (sem evolução das características morfológicas da espiga). Os resultados apresentados por Serpolay-Besson et al. (2014) ainda sugeriram que a natureza geneticamente heterogênea das variedades de polinização aberta é um “trunfo” para os agricultores e agricultoras porque eles

podem adaptar suas variedades às condições locais específicas em apenas duas gerações.

Além disso, ao realizar uma análise conjunta da origem das variedades locais e do tempo de cultivo, verificou-se que para a Classe I, as origens que apresentaram o maior número de variedades foi *Vizinho e Organização Local* e para Classe IV, *Herança de Família*. Assim, um percentual de 51% das variedades incluídas na Classe I pode estar na região há mais do que 5 anos, embora os agricultores que as cultivem tenham obtido as sementes há menos de 5 anos.

Os resultados revelaram que a participação das mulheres representa 80% dos esforços dedicados à conservação e manejo da diversidade de milho pipoca, seguidas da categoria dos homens (10%) e *outros* (10%); no milho doce, a participação das mulheres representa 43%, seguida dos homens (26%) e de *outros* (17%); no milho farináceo, os homens representam 50%, seguidos de *outros* (38%) e das mulheres (2%) e; no milho comum, 43% de *outros*, 30% dos homens e 13% das mulheres. A categoria *outros* inclui um conjunto de combinações que não possibilitou a distinção da participação do homem ou da mulher nos cuidados de uma determinada variedade. Portanto, as mulheres demonstraram ter maior participação nos esforços dedicados à conservação e manejo da diversidade do milho pipoca e milho doce, enquanto que, para o milho farináceo e milho comum, o homem foi o principal responsável.

As variedades locais de milho apresentaram grande diversidade de usos. Para as variedades locais de milho comum/doce/farináceo, foram mencionadas pelos agricultores 939 indicações de usos diretos, agrupadas em oito categorias, o que indica que uma variedade pode possuir mais de um uso. Dentre as indicações observadas, 85% destinam-se à *Alimentação da Família, Alimentação Animal* e ao consumo de *Milho Verde* e 15% destinam-se à *Venda de Sementes, Doação ou Troca, Venda de Grãos, Artesanato e Outros* usos. O milho pipoca apresentou 1.326 indicações de usos diretos, das quais 80% pertencem exclusivamente à categoria *Alimentação da Família*.

Com o intuito de identificar as aptidões de uso direto e os valores intrínsecos relativos às variedades, foi efetuada a classificação das variedades locais, quanto aos valores associados aos usos e preferências em categorias, subcategorias e sub-subcategorias (Apêndice 3). Essa classificação foi feita a partir da elaboração de uma lista com todas as informações relacionadas à variável *por que gosta* para o milho comum,

farináceo e doce em conjunto e, outra, para o milho pipoca. É importante destacar que o conceito de valores de uso, agronômicos e adaptativos proposto por este estudo é mais abrangente do que o uso direto.

Os valores de uso, adaptativos e agronômicos foram agrupados conforme características comuns e a partir destes grupos foram constituídas as seguintes categorias: (i) *Agronômica*: indicação de caracteres referentes ao desempenho agronômico e ao potencial produtivo; (ii) *Gastronômica*: indicativo de potencial culinário indicado por diferentes formas de usos alimentares e pelo sabor; (iii) *Alimentação Animal*: indicativo de potencial para alimentação animal; (iv) *Adaptativa*: indicação de caracteres associados a resistência a fatores bióticos, abióticos e adaptação regional; (v) *Estética*: indicativo de valor afetivo a variedade, em consequência da aparência estética da planta, espiga ou grão, que motiva o agricultor a conservar a variedade crioula; (vi) *Econômica*: aspectos econômicos que estimulam os agricultores a cultivarem certa variedade crioula; (vii) *Saúde*: aspectos referentes à valorização da produção de alimento saudável para o consumo da família; (viii) *Cultural*: valores culturais provenientes de costumes, tradições e herança de família; (ix) *Ornamental*: indicativo de potencial para uso em ornamentação; (x) *Artesanal*: indicativo de potencial para transformação em produtos artesanais; (xi) *Conservação da Diversidade*: aspectos relevantes para a manutenção e riqueza da diversidade da espécie; (xii) *Nutricional*: indicativo de potencial elevado da variedade quanto ao teor de vitaminas, proteínas ou óleos; e (xiii) *Medicinal*: indicativo de potencial para uso medicinal.

Foi identificada diversidade relativa a 13 categorias, 51 subcategorias e 11 sub-subcategorias de valores de uso, adaptativos e agronômicos, considerando todas as variedades locais de milho. Observou-se que nem todas as categorias apresentaram subcategorias, como foi o caso das categorias *Conservação da Diversidade*, *Nutricional*, *Ornamental* e *Medicinal*. De forma geral, foi observada uma riqueza de 52 valores para o milho comum/farináceo/doce e 37 para milho pipoca.

As variedades de milho comum, farináceo e doce apresentaram 705 indicações de valores de uso, adaptativos e agronômicos. As categorias *Gastronômica*, *Agronômica*, *Adaptativa*, *Alimentação Animal* e *Econômica* representaram os maiores percentuais (91%). Foram observados valores referentes aos aspectos culturais, nutricionais,

medicinais, estéticos da planta, ao uso para a confecção de artesanato e ornamentação, à valorização da alimentação saudável da família, bem como aos aspectos relevantes para a manutenção e riqueza da diversidade. No entanto, as categorias *Estética, Saúde, Medicinal, Cultural, Conservação da Diversidade, Nutricional, Ornamental e Artesanal* apresentaram menores frequências. Pelos valores especiais e raridade de indicações, *estas variedades* podem ser indicadas para coleta e conservação *ex situ*.

A análise permitiu identificar os potenciais específicos das variedades locais dentre as subcategorias e sub-subcategorias que se apresentaram relevantes sob o aspecto econômico, de segurança alimentar local e de valores sócio-culturais. Um significativo grupo de variedades apresentou potenciais relevantes para programas de melhoramento genético dentro das seguintes categorias: i) *Agronômica* – empalhamento, sabugo fino, enraizamento, fácil de debulhar, fácil de moer, grão duro, porte alto, porte baixo, porte médio, precoce, produtividade, ponto de milho verde, resistência ao acamamento e tardia; ii) *Adaptativa* – resistência à seca, resistência à chuva, resistência à pragas, resistência à doenças, resistência à caruncho, produção na safra e safrinha; iii) *Alimentação Animal* – Ração e Silagem. As variedades pertencentes à categoria *Gastronômica* possuem valores quanto ao Sabor e à Maciez, bem como valores relativos a nichos de mercado específicos como Farinha, Canjica, Polenta e Milho Verde.

Para o milho pipoca, foram identificadas 1.515 indicações de valores de uso, adaptativos e agronômicos, sendo que a categoria *Gastronômica* apresentou a maior frequência (88%). As categorias *Gastronômica, Agronômica, Adaptativa e Estética* apresentaram indicações relevantes para programas de melhoramento genético de milho pipoca, com destaque a maciez, sabor, crocância, sequinha quando estoura, branca e sem casca grossa quando estoura, aspectos relacionados à capacidade de expansão como volume e estoura bem, e aos valores agronômicos e adaptativos, como precocidade, prolificidade, produtividade, fácil de debulhar, menor tempo de secagem no campo, amplitude de adaptação a diferentes locais, resistência à caruncho, resistência à doenças e resistência à cruzamentos com o milho (não ‘castiça’). Foram identificados aspectos culturais em decorrência das tradições familiares e do lazer da família, uma vez que é utilizada como entretenimento em dias de chuva e para oferecer as visitas.

A Tabela 3 apresenta as *frequências absolutas e a percentagem* das categorias de valores de uso, adaptativos e agronômicos por grupos morfológicos das variedades locais de milho comum/farináceo. Esta análise permitiu identificar os grupos morfológicos mais diversos quanto aos valores de uso, adaptativos e agronômicos. O *grupo morfológico Amarelo Dentado (AD)*, além de possuir a maior frequência de valores associados aos usos e preferências apresentou a maior diversidade, indicando 11 categorias diferentes, seguidos dos grupos *Branco Dentado (BD)*, *Amarelo Intermediário (AI)* e *Multicolorido Dentado (MD)* com nove categorias diferentes em cada grupo. Estes grupos morfológicos, além de apresentarem maior diversidade, apresentaram também categorias raras (menor frequência).

O milho pipoca teve como grupos morfológicos mais diversos *Branco Grande Pontagudo (BGP)*, *Amarelo Grande Redondo (AGR)*, *Amarelo Pequeno Redondo (APR)*, *Branco Grande Redondo (BGR)* e *Roxo Pequeno Pontagudo (RXPP)* com oito categorias diferentes no primeiro e sete categorias em cada um dos demais grupos.

Pesquisas científicas anteriores identificaram um elevado teor de carotenoides benéficos à saúde em farinhas, grãos e estigmas (cabelo do milho) das variedades locais de milho do Extremo Oeste de Santa Catarina e, ainda destacam a concentração de componentes com atividade antitumorial e antioxidante, que contribuem para a redução de alguns tipos de câncer e de degeneração macular (Kuhnen et al. 2009, Kuhnen et al. 2010a, Kuhnen et al. 2010b, Kuhnen et al. 2011, Kuhnen et al. 2012; Kist et al. 2014).

As variedades com potenciais medicinais identificadas pelo Censo da Diversidade (*Mato Grosso, Palha Roxa, Rajado e Roxo*) estão entre as variedades avaliadas por essas pesquisas, com base em critérios científicos, o que confirma os potenciais medicinais e o conhecimento tradicional dos agricultores. Em programa de melhoramento genético participativo⁹ realizado pelo NEABio, também foi destacado o elevado

⁹Segundo Machado et al. (2002) o melhoramento genético participativo, que é um componente do manejo da diversidade genética, começou a ser delineado no início dos anos 1980 e apresenta, como ingrediente fundamental, a inclusão sistemática dos conhecimentos, habilidades, experiências, práticas e preferências dos agricultores. Essa modalidade de melhoramento genético baseia-se nos conhecimentos da genética convencional, da fitopatologia e economia, combinando-os com os da antropologia, sociologia, conhecimento dos agricultores e agricultoras e com os princípios da pesquisa de mercado e

potencial agronômico, adaptativo e produtivo de algumas variedades locais de milho comum (Kist et al. 2010), sobretudo da população composta local denominada *MPAI* pelos agricultores.

Bellon et al. 2003, em estudos realizados em Oaxaca, México, verificaram que as características preferidas pelos agricultores estavam associadas principalmente ao consumo, como gosto e adequação para preparação de pratos típicos, seguido pelo rendimento de grão e precocidade. Os autores ainda identificaram 11 diferentes usos para o milho comum, envolvendo nove preparações especiais (Bellon et al. 2003).

Em Cuzapala, no México, as variedades brancas estavam associadas aos usos gastronômicos, as variedades roxas foram consideradas mais doces e, geralmente, consumidas assadas na fase leitosa do grão, enquanto que as variedades amarelas associaram-se, principalmente, à alimentação animal (Louette et al. 1997). Carvalho et al. 2004, avaliaram a diversidade genética de 72 variedades locais e duas variedades melhoradas foi avaliada por meio de marcadores RAPD. A análise de agrupamento identificou dois grandes grupos, que se associaram à cor e ao tipo do grão. Observou-se um grupo de acessos que possuía, principalmente, endosperma branco, e outro grupo com endosperma amarelo e amarelo-laranja. A cor de grão analisada também se associou ao uso das variedades pelos agricultores. As variedades brancas foram indicadas, principalmente, para a fabricação de farinha e para o consumo humano, e as variedades amarelas, principalmente, para a alimentação animal.

desenvolvimento de produtos (Weltzien, 2000). Tem por metas, dentre outras, o ganho da produtividade (comum ao melhoramento convencional), a conservação e a promoção do aumento da biodiversidade (criação de variabilidade genética), obtenção e uso de germoplasma de adaptação local, a diversificação dos sistemas produtivos e a descentralização do programa de melhoramento (Weltzien, 2000).

Tabela 3. Frequência absoluta e relativa às categorias de valores de uso, adaptativos e agronômicos por grupos morfológicos das variedades locais de milho comum, doce e farináceo dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.

Grupo Morfológico		Valores de uso, adaptativos e agronômicos		
	Nº	%	Riqueza de Categorias	Diferentes Categorias Valores de Uso, Adaptativos e Agronômicos
AD	249	35.32	11	AGRO, GAST, ADAPT, AA, CULT, EST, ECON, SAU, CDD, ART, MED
BD	127	18.01	9	AGRO, GAST, ADAPT, AA, CULT, EST, ECON, SAU, NUT
AI	63	8.94	9	AGRO, GAST, ADAPT, AA, ECON, SAU, NUT, ART, MED
MD	60	8.51	9	AGRO, GAST, ADAPT, AA, EST, ECON, CDD, NUT, ORN
AF	56	7.94	8	AGRO, GAST, ADAPT, AA, EST, ECON, SAU, CDD
RJD	18	2.55	8	AGRO, GAST, ADAPT, AA, ECON, CDD, NUT, MED
RXD	28	3.97	7	AGRO, GAST, CULT, EST, ECON, ORN, ART
RXI	11	1.56	5	AGRO, GAST, AA, ECON, MED
MI	12	1.70	4	AGRO, GAST, ADAPT, AA, EST
BI	10	1.42	4	AGRO, GAST, AA, SAL
BF	9	1.28	4	AGRO, GAST, ADAPT, EST
MF	9	1.28	3	AGRO, ADAPT, ECON
RXF	3	0.43	2	GAST, ADAPT
RJF	2	0.28	2	AGRO, GAST
RJI	2	0.28	2	AGRO, ADAPT
RSI	1	0.14	1	ADAPT
RSF	2	0.28	1	GAST
Sem Informação	43	6.10		AGRO, GAST, ADAPT, AA, ECON, SAU, ORN
Total	705	100		

⁽¹⁾ AD (Amarelo Dentado), AF (Amarelo Duro), AI (Amarelo Intermediário), BD (Branco Dentado), BF (Branco Duro), BI (Branco Intermediário), MD (Multicolorido Dentado), MF (Multicolorido Duro), MI (Multicolorido Intermediário), RD (Rajado Dentado), RJF (Rajado Duro), RJI (Rajado Intermediário), RSF (Rosado Duro), RSI (Rosado Intermediário), RXD (Roxo Dentado), RXF (Roxo Duro), RXI (Roxo Intermediário). ⁽²⁾ AGRO (Agronômica), GAST (Gastronômica), ADAPT (Adaptativa), AA (Alimentação Animal), CULT (Cultural), EST (Estética), ECON (Econômica), SAU (Saúde), CDD (Conservação da Diversidade), MED (Medicinal), ORN (Ornamental), ART (Artesanal), NUT (Nutricional).

4. DISCUSSÃO

4.1 *Censo da Diversidade* como proposta metodológica

As coletas de germoplasma oficiais realizadas anteriormente no território nacional envolveram locais, na maioria deles, de fácil acesso (Taba 1997). Entretanto, uma pesquisa realizada em nível de *Censo* contempla o universo de estabelecimentos de uma região alvo, incluindo regiões de menor acessibilidade. A realização desse trabalho permitiu identificar a presença de parentes silvestres de milho, das menos numerosas variedades locais de milho doce e farináceo, de uma elevada diversidade de variedades locais de milho pipoca, bem como de um elevado número de valores de uso, agronômicos e adaptativos indicados pelos agricultores, sobretudo para o milho comum.

O desenvolvimento do trabalho por meio de uma amostragem poderia não ter identificado com precisão a ocorrência desses fatos que, demonstraram-se relevantes pelos seguintes aspectos: i) até o momento, são escassos os registros sobre a ocorrência de parentes silvestres de milho, nas terras baixas da América do Sul; ii) a classificação de raças de milho do Brasil (Paterniani e Goodman 1977) não contempla o milho doce e o milho pipoca, o que sugere uma revisão na classificação de raças de milho do país; iii) os relatos sobre a diversidade de variedades locais de milho pipoca e doce, em outras regiões do Brasil, são escassos, o que indica uma forte relação cultural dessas variedades com a população local de agricultores; iv) a identificação de uma importante riqueza de valores de uso, agronômicos e adaptativos, associados às variedades locais de milho da região e; (v) a identificação de variedades locais de milho, que são raras em frequência e/ou em valores de uso, agronômicos e adaptativos.

O *Censo da Diversidade* constituiu uma metodologia útil no que diz respeito à identificação de variedades locais e parentes silvestres, cuja informação pode ser utilizada para diversos fins: conservação, coleta, caracterização e avaliação de germoplasma. A metodologia é relativamente simples de ser aplicada e pode ser desenvolvida em um curto período de tempo.

A ferramenta pode ser extrapolada para outras regiões, no sentido de contribuir para (i) o conhecimento do atual estado da diversidade e da conservação *in situ-on farm* de milho no país, (ii) o estabelecimento de coleções nucleares de germoplasma local conservadas *in situ-on farm*;

(iii) a elaboração de programas de melhoramento genético e; (iv) coletas dirigidas de germoplasma local, visando o desenvolvimento de coleções nucleares *ex situ*, a caracterização fenotípica/molecular e a realização de quaisquer outras pesquisas que requerem amostragem.

Além de identificar um elevado número de variedades locais, a metodologia permitiu caracterizar essa diversidade com base no conhecimento de seu principal usuário e mantenedor, ou seja, o próprio agricultor. Embora essa diversidade tenha sido caracterizada em caráter preliminar, as informações obtidas a partir do *Censo da Diversidade* são úteis e relevantes para orientar a elaboração de programas de melhoramento genético participativo dirigidos para a região. O *Censo da Diversidade* gerou um banco de dados com ampla informação referente a cada variedade crioula, cuja localização foi georreferenciada. É importante destacar que a escassez de informações das coleções de germoplasma *ex situ* tem sido uma das principais limitações ao uso dos acessos pelos programas de melhoramento (Brown and Spillane 1999).

A caracterização do estado dos recursos genéticos cultivados pelos agricultores, bem como o mapeamento da diversidade é essencial para o fortalecimento das estratégias de conservação *in situ-on farm*, pois permite conhecer ‘o que está sendo conservado’, ‘onde está localizado’, ‘sua distribuição’ e ‘quem da família conserva’. A sistematização de dados vinculados aos recursos genéticos sob cultivo é relevante no sentido de registrar a diversidade potencial envolvida na conservação *in situ-on farm*. O estado dos recursos genéticos sob cultivo apresenta-se abstrato no contexto da conservação, devido à escassez de informações em nível quantitativo e qualitativo, o que torna a conservação *in situ-on farm* vulnerável na distribuição de recursos financeiros para fins de conservação, tanto pelos órgãos governamentais, quanto pelas instituições de pesquisa.

As informações obtidas serão úteis aos agricultores para que eles possam ter maior conhecimento da diversidade presente em sua e em outras comunidades da região e, a partir disso, auxiliar nas tomadas de decisão quanto ao resgate, gestão e intercâmbio dos recursos genéticos de milho. Além disso, as organizações locais podem delinear futuras ações que fomentem a conservação e o uso das variedades locais de milho e, também, o desenvolvimento de programas regionais de melhoramento genético participativo, conforme as demandas locais.

A identificação de regiões de maior e menor diversidade pode auxiliar no desenvolvimento de estratégias de conservação. Por um lado,

esforços podem ser destinados para apoiar e incentivar os agricultores a continuarem mantendo a diversidade sob cultivo e, por outro, podem contribuir para o planejamento de coletas destinadas à conservação *ex situ* e sua utilização em programas de melhoramento genético. Tanto a conservação *in situ-on farm* quanto à conservação *ex situ* são fundamentais para conservar a enorme diversidade genética do milho dessa região, enquanto usadas como abordagens complementares e integradas.

4.2 Caracterização da diversidade de milho do Extremo Oeste de Santa Catarina

O elevado número de variedades locais conservadas *in situ-on farm* na região é considerado relevante nos dias atuais. Em decorrência da industrialização da agricultura, com frequência, os agricultores familiares têm substituído suas variedades locais de milho por cultivares comerciais, principalmente híbridos (Brush 2000) e, no Brasil, sobretudo no Estado de Santa Catarina, por híbridos transgênicos. A política do governo do Estado de Santa Catarina fomenta, por meio do Programa *Terra Boa*, o cultivo do milho geneticamente modificado, independentemente do sistema de produção e da estratégia de manejo do agricultor. Até o momento, não haviam sido realizados trabalhos no país que identificassem com essa dimensão a atual diversidade de milho conservada *in situ-on farm*. A maior parte dos trabalhos tem se destinado a estudar a diversidade presente nos bancos de germoplasma e, por isso, foi difícil comparar os dados obtidos neste trabalho com estudos que envolvam a conservação *in situ-on farm* em outras regiões do Brasil e também em outros países.

As características morfológicas representam a informação indireta sobre a diversidade genética, uma vez que dados fenotípicos de uma população variam em função do genótipo, do ambiente, da combinação de ambos e/ou dos aspectos culturais (Leclerc e Coppens 2012). Em uma pesquisa realizada na região de Chiapas, no México, os agricultores identificavam as variedades, principalmente, pelas características do grão e da espiga (Bellon e Brush 1994). Analisar a diversidade genética com base em características fenotípicas é interessante quando se trabalha com comunidades de agricultores, pois estas são facilmente reconhecidas e identificadas por eles. As variedades locais de milho são definidas pelos agricultores em termos de

características do grão e espiga e são usualmente mantidas por meio da seleção, mesmo que ocorra fluxo gênico considerável (Louette et al. 1997; Louette e Smale 2000).

A identificação de 59 grupos morfológicos diferentes para as características do grão das variedades locais de milho de Anchieta e Guaraciaba demonstrou a expressiva diversidade conservada nesses dois municípios do Extremo Oeste de Santa Catarina. Os grupos morfológicos que apresentaram maiores frequências (*Branco Grande Pontudo*, *Amarelo Pequeno Redondo*, *Amarelo Dentado*, *Branco Grande Redondo*, *Branco Dentado*, *Amarelo Grande Redondo*) são reflexos das preferências dos agricultores por essas características. Geralmente, as populações de grãos dentados são utilizadas na alimentação da família, como milho verde e farinha e, na alimentação animal, principalmente de aves e suínos, na forma de grãos. Os resultados também estão de acordo com a história do germoplasma de milho do Brasil, uma vez que milhos de grãos dentados são oriundos de introduções recentes, em comparação aos milhos de grãos duros e pipoca, cuja presença no país é reportada antes mesmo da colonização portuguesa (Paterniani 1998). Para o milho pipoca, o tamanho do grão é, em geral, bastante reduzido, em relação ao do milho comum. Existem variedades, cujo tamanho do grão assemelha-se ao do arroz; outras variedades apresentam sementes de tamanho comparável às sementes de milho duro.

Os valores do Índice de Shannon (H') das 1.513 variedades locais dos municípios de Anchieta e Guaraciaba para formato do grão, rigidez do endosperma, tamanho do grão, cor de grão (1,4) e grupo morfológico (3) foi de 0,8; 0,7; 0,9; 1,4 e 3, respectivamente. A análise comparativa entre os resultados obtidos pelo *Censo da Diversidade* e pelos estudos de Li et al.(2002) e Villaró (2013) demonstrou que a região apresenta elevada diversidade para as características analisadas.

O mapa da distribuição espacial da diversidade genética das variedades locais de milho, baseada nas características morfológicas do grão, apresentou as áreas dos dois municípios portadoras de maior diversidade fenotípica (Fig. 5). As áreas com maior diversidade podem ser indicadas para a coleta de germoplasma, tanto para a conservação *ex situ* quanto para a realização de futuros estudos de diversidade, que possam utilizar outras ferramentas científicas para sua caracterização. As áreas de menor diversidade não devem ser excluídas de qualquer planejamento de conservação, uma vez que as populações que ocorrem

nessas regiões podem apresentar características raras e potenciais para outros fins, como as variedades de cor de grão *Roxo*, associadas a valores nutricionais, gastronômicos e artesanais.

As redes de origem das variedades locais de milho correspondem às fontes que os agricultores obtêm suas sementes e pode ser considerado um componente da diversidade, à medida que o fluxo genético pode incrementar ou manter a diversidade (Louette et al. 1997). Analisando individualmente cada tipo de milho, embora as categorias de origem *Vizinho*, *Herança de Família e Organização Local* tenham apresentado uma mesma importância, a proporção de cada categoria pode ser um indicador de diferentes dinâmicas nas redes de intercâmbio de sementes. Enquanto que para o milho comum e milho farináceo, a categoria *Organização Local* foi a mais importante, para o milho doce foi o fluxo entre *Vizinhos*, e para o milho pipoca, *Herança de Família*. As diferenças podem ser explicadas pelo fato de que o milho comum é bastante fomentado pelas organizações locais, seja por meio da distribuição ou pela venda informal de sementes. No caso do milho pipoca, a origem da semente está associada a quem da família cabe a responsabilidade de cuidar, selecionar, produzir e conservar a variedade. O presente trabalho mostrou que o milho pipoca fica principalmente aos cuidados das mulheres-agricultoras da família, que herdaram as sementes de seus ancestrais (mães, avós, etc). Em consequência deste forte componente cultural e afetivo, é possível inferir que a origem das sementes de milho pipoca explica o elevado número de populações identificado na região.

As categorias de origem das sementes, de certa forma, possuem uma relação com a origem geográfica, com exceção da categoria *Outra Origem* que reuniu um conjunto de origens que não puderam ser definidas quanto à sua localização. Por exemplo, a origem *Herança de Família* compreende as variedades que foram repassadas de uma geração a outra e, portanto, ou foram trazidas do Rio Grande do Sul ou já estavam sendo cultivadas na região, no início da colonização, que ocorreu em 1949 (Alves & Mattei 2006). Da mesma forma, a origem *Organização Local* compreende as variedades que são distribuídas ou vendidas pelo sistema informal e, portanto, produzidas por agricultores do próprio município ou de municípios vizinhos. A rede de origem das variedades locais, em conjunto, envolveu a presença de dez municípios da microrregião do Extremo Oeste de Santa Catarina: Anchieta, Barra Bonita, Descanso, Dionísio Cerqueira, Guaraciaba, Palma Sola, Paraíso,

Romelândia, São José do Cedro e São Miguel do Oeste. Também foram identificadas populações oriundas de outros estados e até de outros países.

Um aspecto relevante diz respeito à adaptação local das variedades locais a contextos culturais e socioambientais específicos ao longo do tempo. Os resultados apontaram que existem variedades muito antigas (100 anos) aos cuidados de uma mesma família e, por outro lado, algumas variedades que estão sendo cultivadas há apenas um ano. A Classe I (0 a 5 anos) apresentou o maior número de populações e a Classe IV (mais de 30 anos), o menor número. Algumas razões podem explicar a maior proporção de populações na Classe I, como por exemplo: i) agricultores estão retomando o cultivo de variedades locais, em razão das cultivares melhorados (híbridos e variedades de polinização aberta) não atenderem completamente às demandas locais, sobretudo aquelas associadas às particularidades do agroecossistema; ii) agricultores perderam suas variedades e recuperaram ou adquiriram outras variedades; iii) agricultores estão experimentando o cultivo de outras variedades, além das que já possuem.

A análise conjunta da origem das populações e do tempo de cultivo demonstrou que a Classe I, relativa ao tempo de cultivo, apresentou o maior número de variedades locais para as origens *Vizinho* e *Organização Local*, e a Classe IV, *Herança de Família*. Os resultados revelaram uma coincidência e refletem, mais uma vez, a dinâmica do intercâmbio de sementes e, conseqüentemente, a dinâmica dos sistemas agrícolas familiares na geração e manutenção da diversidade. Variedades antigas (mais de 30 anos de cultivo) são repassadas de uma geração para outra, enquanto que as variedades que apresentaram menos tempo de cultivo (até cinco anos) foram oriundas das trocas entre vizinhos ou foram adquiridas de alguma organização local e, portanto, o tempo que estão sendo cultivadas no município supera o tempo contemplado na Classe I. Em outras palavras, isso significa que algumas variedades incluídas na Classe I podem estar sendo cultivadas nesses municípios há mais tempo e que foram incluídas apenas recentemente nessa estatística pela ampliação da rede de troca de sementes nesses municípios. Por isso, um estudo mais detalhado das redes sociais de sementes a partir do diagnóstico realizado pelo *Censo da Diversidade* poderá elucidar tal prerrogativa.

Os processos sociais que geram e mantêm a diversidade do milho são dinâmicos e os resultados mostraram que os agricultores

utilizam frequentemente variedades de origem externa, e não apenas variedades estritamente do local, havendo uma contínua introdução de materiais oriundos de outras regiões. Os sistemas agrícolas familiares não são fechados e isolados, em relação ao fluxo de material genético Louette et al. (1997).

As mulheres possuem maior participação nos esforços dedicados à conservação e manejo da diversidade genética do milho pipoca e milho doce, enquanto que para o milho farináceo e milho comum, o homem foi o principal responsável. As diferentes racionalidades entre homens e mulheres na conservação da diversidade genética não só implicam em diferentes responsabilidades, percepções e interesses, mas também estão relacionados ao conhecimento específico que cada gênero possui sobre um determinado recurso genético. Os homens são responsáveis por cultivar espécies e variedades que possuem valor econômico, enquanto as mulheres são responsáveis pelas espécies e variedades que estão relacionadas com a alimentação da família. Essa constatação também foi feita em outros trabalhos. Um estudo demonstrou que os homens e as mulheres assumem papéis diferentes na conservação da diversidade de diferentes espécies, na região de Candelaria Loxicha, em Oaxaca, no México (Aguilar-Støen et al. 2008).

É possível afirmar que, na região do Extremo Oeste de Santa Catarina, a conservação das variedades locais de milho se expressa com as relações de gênero em que um grupo de milho está mais relacionado. É importante destacar que mulheres e homens possuem determinadas necessidades, interesses e aspirações, e que, portanto, fazem diferentes contribuições para a conservação dos recursos genéticos. Nesse aspecto, torna-se fundamental a compreensão dos papéis que ambos desempenham na diversidade, a partir de estudos que possam entender como manejam, selecionam e guardam suas sementes.

Quando as variedades locais são identificadas de acordo com características morfológicas, elas também estão associadas às características agrônômicas e valores de uso (Bellon e Brush 1994). Os valores de uso de uma variedade podem estar associados à expressão do potencial genético de uma determinada população e, de certa forma, estão relacionados ao manejo realizado pelo agricultor ao selecionar características de sua preferência.

Foi identificado um elevado número de valores de uso direto (2.265 indicações), considerando todas as variedades locais de milho

dos dois municípios. Os maiores percentuais referentes à categoria *Alimentação da Família* demonstram que a maior parte das variedades locais é destinada à segurança e soberania alimentar da região, além de apresentar grande relevância para a conservação *in situ-on farm*. Os valores diretos de consumo podem estar associados com qualidades especiais encontradas nas variedades locais. No trabalho conduzido por Brush (2000), estas qualidades incluem o sabor, as características culinárias, o melhor armazenamento, a obtenção de produtos secundários para a alimentação animal, e outros valores associados ao seu prestígio, a presença em cerimônias ou como presentes. No presente estudo, também foi identificado um elevado número de valores de uso, adaptativos e agronômicos (2.220 indicações) e uma riqueza de 52 valores de uso, adaptativos e agronômicos diferentes para o milho comum/farináceo/doce e 37 para o milho pipoca.

Foram identificados valores referentes aos aspectos agronômicos, gastronômicos, adaptativos, culturais, nutricionais, medicinais, afetivos, ao uso para a confecção de artesanato e ornamentação, à alimentação animal, à valorização da alimentação saudável da família, bem como aos aspectos relevantes para a manutenção e riqueza da diversidade. Em particular ao milho pipoca, a categoria *Gastronômica* apresentou a maior frequência (88%) em relação às demais categorias, o que confirma o fato de que a pipoca possui uma forte participação na cultura alimentar das famílias, além de apresentar uma distribuição geográfica uniforme em toda a região.

Os resultados das indicações de uso direto nem sempre coincidem com os resultados das categorias de valores de uso, agronômicos e adaptativos, tal como foi observado na categoria de uso direto *Alimentação Animal* e na categoria de valores de uso *Alimentação Animal*. Isso se deve ao fato dos resultados terem sido obtidos de variáveis diferentes. O uso direto foi avaliado por meio da variável '*para que é usado*' e infere sobre o uso final atribuído pelo agricultor e, os valores de uso, adaptativos e agronômicos foram avaliados por meio da variável '*por que gosta*', que corresponde às características apreciadas (preferências de usos) e que motivam os agricultores a cultivarem uma variedade.

Os resultados também demonstraram que a riqueza de valores de uso, adaptativos e agronômicos associou-se aos grupos morfológicos das variedades locais (Tabela 3). Dentre as variedades de milho comum, doce e farináceo, a maioria das variedades cultivadas pertence ao grupo

morfológico *Amarelo Dentado* (AD) e, dentre as variedades de milho pipoca, ao grupo *Branco Grande Pontagudo* (BGP). Portanto, essas variedades estão associadas às características apreciadas pelos agricultores e à maior riqueza de valores de uso, adaptativos e agronômicos.

Os valores particulares dos agricultores devem atender às necessidades básicas, bem como a fonte de sobrevivência da família. Cada espécie ou variedade tem um significado particular, seja como fonte na alimentação diária ou como comida e bebida oferecidas em ocasiões especiais (por exemplo, uso tradicional, religioso ou outras funções sociais). Os valores sócio-culturais motivam os agricultores a manter algumas variedades locais preferenciais em suas propriedades agrícolas; os mantenedores apreciam as qualidades organolépticas peculiares e usos múltiplos das variedades locais (Tsegaye & Berg 2007).

Um aspecto relevante diz respeito ao fato da maioria dos pesquisadores ressaltarem apenas os valores dos recursos genéticos associados ao melhoramento genético e ao potencial para o mercado e, por outro lado, negligenciarem quanto aos valores associados aos aspectos afetivos e culturais. Todavia, estes últimos (afetivos e culturais) costumam ser relevantes para a conservação *in situ-on farm* por motivarem os agricultores a cultivarem as suas variedades. As categorias *Estética, Saúde, Cultural e Conservação da Diversidade*, por exemplo, confirmam a presença de variedades locais que não são cultivadas pelos agricultores apenas para fins econômicos.

A diversidade de usos bem como a troca de sementes é essencial para a manutenção *in situ-on farm* da agrobiodiversidade (Aguilar-Støen et al. 2008). As variedades locais tendem a desaparecer se os agricultores não as cultivarem por algum motivo ou por não possuírem algum valor de uso (Bellon et al. 2003; Tsegaye & Berg 2007). A utilização das variedades tradicionais de milho, no Arquipélago da Madeira, evitou a substituição das variedades locais por híbridos comerciais (Carvalho et al. 2008). Sob esta perspectiva, é possível inferir que as variedades portadoras de múltiplos usos têm maiores chances de “sobrevivência” *in situ-on farm*, e a conservação *ex situ* não deve ser negligenciada para as variedades com baixos valores de uso para os agricultores.

A diversidade de valores de usos e preferências está diretamente relacionada à manutenção da diversidade genética porque são inerentes

às estratégias alimentares dos agricultores. Portanto, os valores de uso e preferência estão especialmente associados às características que os agricultores consideram importantes, principalmente para a alimentação. O uso de variedades locais é considerado um importante mecanismo que retrata a estratégia de ‘conservação pelo uso’ da diversidade (Clement 2007), proporciona o desenvolvimento e a autonomia de comunidades locais e ao mesmo tempo viabiliza a conservação *in situ-on farm*.

4.4 Indicação do Extremo Oeste de Santa Catarina como um *Micro-Centro de Diversidade* de Milho

O *Censo da Diversidade* permitiu identificar 1.513 variedades locais de milho, sendo 1.078 de milho pipoca, 337 de milho comum, 61 de milho doce e 37 de milho farináceo, em uma região cuja base da produção está diretamente relacionada à agricultura familiar.

O número de variedades pode ser considerado um indicador de diversidade. A coleção mantida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) apresenta aproximadamente 4.000 acessos, sendo que 1.554 correspondem a variedades locais coletadas em quase todo território nacional (Cordeiro & Abadie 2007), enquanto que em Anchieta e Guaraciaba foram identificadas 1.513 variedades locais de milho, em uma área significativamente menor que o território brasileiro.

Dentre os acessos da coleção de germoplasma da Embrapa, 2.812 acessos já foram caracterizados quanto ao tipo de grão, onde apenas 20 acessos são de milho doce, 139 de milho farináceo e 191 de milho pipoca; os demais são representados por milhos dentado (1.129), semi-dentado (839), semi-duro (255), duro (230) e opaco (9)¹⁰. A comparação aqui apresentada entre números de acessos da coleção *ex situ* (Embrapa) e *in situ-on farm* (Extremo Oeste de Santa Catarina) teve como objetivo demonstrar o papel dos agricultores e agricultoras na conservação do germoplasma de milho do Brasil.

O *Censo da Diversidade* constatou que a região do Extremo Oeste de Santa Catarina, possui uma coleção de germoplasma conservada *in situ-on farm*, com informação completa quanto à diversidade, localização geográfica e aspectos socioculturais associados às variedades locais, além da ocorrência de parentes silvestres.

¹⁰ Comunicação pessoal de Flávia Teixeira França, curadora do Banco Ativo de Germoplasma de Milho (BAG-Milho) da Embrapa.

Os ‘micro-centros de diversidade’ correspondem a áreas muito restritas com elevada diversidade (Harlan 1975; 1992). A região de Candelaria, localizada em Cochabamba-Bolívia, é indicada como um ‘micro-centro de diversidade’ de batata (Terrazas e Valdivia 1998), pela variabilidade morfológica e de usos e pela distribuição espacial ao longo da região. Posteriormente, outra pesquisa foi realizada com o intuito de fortalecer a conservação *in situ-on farm* e ampliar o conhecimento da diversidade de batatas dessa região (Terrazas et al. 2005).

Giacometti (1992) propôs 10 ‘centros de diversidade’ de espécies frutíferas, no Brasil, cujo objetivo foi identificar regiões para conservação *in situ* de parentes silvestres das mesmas, bem como espécies potenciais para futura domesticação. Clement (1999) propôs a hipótese de um mosaico de concentração de recursos genéticos na região Amazônica, referente à época da chegada dos colonizadores na América, envolveu a presença de dois ‘centros de diversidade’, quatro ‘centros menores’ periféricos e cinco ‘regiões de diversidade’. Presume-se que em todas essas áreas era comum a presença das seguintes espécies: *Zea mays*, *Manihot esculenta*, *Gossypium barbadense*, *Bixa orellana*, *Ananas comosus*, *Ipomoea batatas*, *Genipa americana* e *Nicotiana tabacum* (Clement 1999).

As regiões de Chiapas, Mesa Central e Sierra Madre Ocidental, são indicadas como ‘centros de diversidade genética’ de milho, no México (Ovando 2009). Diversas pesquisas tem retratado a diversidade de variedades locais de milho conservadas *in situ-on farm* por agricultores em diversas regiões: Peru – Terras Altas de Paucartambo (Zimerrer 1991); México – Chiapas (Bellon e Brush 1994), Cuapala (Louette et al. 1997; Louette e Smale 2000), Guanajuato (Gomez et al. 2000), Mexico Central (Perales et al. 2003), Vales Centrais de Oaxaca (Bellon et al. 2003; Pressoir e Berthaud 2004), Yucatan (Latournerie et al. 2006) e; Portugal – Arquipélago da Madeira (Carvalho et al. 2008). Entretanto, essas pesquisas têm utilizado uma amostragem, geralmente, reduzida a um pequeno número de agricultores.

O elevado número de variedades locais de milho e a ocorrência de parentes silvestres identificados neste estudo, somado a importante diversidade, caracterizada por meio da riqueza de grupos morfológicos e valores de uso, agronômicos e adaptativos, bem como da diversidade avaliada por meio do H’, permite caracterizar o Extremo Oeste de Santa Catarina como um ‘micro-centro de diversidade’ de milho, considerando os seguintes critérios: i) a região, atualmente, contempla populações de

parentes silvestres de milho e inclui um elevado número de diferentes variedades locais; ii) as variedades locais da região estão submetidas aos processos de diversificação, que por sua natureza estão relacionados à atividade humana e a aspectos socioculturais e; iii) a região corresponde a uma área geográfica pequena, onde existe diversidade morfológica de milho e populações de parentes silvestres.

Os ‘micro-centros de diversidade’ estão relacionados a aspectos humano-geográficos, que envolvem o grupo étnico, cujos habitantes partilham de uma identidade local e traços culturais, relações sociais e fatores econômicos diversos (Zimmerer e Douches 1991). A grande maioria dos habitantes do Extremo Oeste Catarinense é descendente de europeus, principalmente alemães e italianos, procedentes do estado do Rio Grande do Sul. O movimento de colonização da região Oeste de Santa Catarina foi intensificado a partir da década de 1940, sob um modelo fundiário de pequenas propriedades agrícolas (Alves & Mattei 2006). Até esta data, a região era habitada por caboclos e indígenas, frutos de um processo de miscigenação de etnias, que viviam de um uma economia de subsistência, baseada na horticultura e coleta de erva mate (*Ilex paraguariensis*).

O ‘centro de diversidade Brasil/Paraguai’, proposto por Vavilov, está associado à elevada densidade populacional povos indígenas *Guaranis* (Vavilov 1992), e apresenta-se conservado como ‘região de diversidade Guarani’, de acordo com Giacometti (1992). Os índios Guarani são conhecidos por cultivarem, principalmente, variedades locais de milho pipoca (Paterniani and Goodman 1977). Essa região encontra-se geograficamente próxima ao Extremo Oeste de Santa Catarina, o qual apresentou um elevado número de variedades locais de milho pipoca, associado a uma expressiva riqueza de características morfológicas do grão.

O Extremo Oeste de Santa Catarina encontra-se localizado sob o seguinte contexto geográfico: i) algumas regiões do estado de Santa Catarina apresentam um modelo de agricultura baseada em grandes propriedades (produção extensiva e lavouras, frutas ou de animais), onde o cultivo de variedades locais é escasso; ii) a região vizinha no sentido Oeste faz fronteira com a Argentina e corresponde a uma longa extensão territorial ocupada por mata nativa e, por conseguinte, o cultivo de variedades locais de milho é escasso ou inexistente e; iii) o Extremo Oeste de Santa Catarina está situado no bioma da Mata Atlântica, considerado um “*hot spot*” de diversidade (Myers et al. 2000).

Apesar dos avanços relacionados às leis ambientais, ainda não há alguma que tenha sido especificamente consagrada à agrobiodiversidade. As leis que tratam da política nacional do meio ambiente, da política nacional de biodiversidade e do Sistema Nacional de Unidades de Conservação não contemplam a biodiversidade agrícola. Entre os instrumentos usados para proteger agrobiodiversidade, a criação de uma categoria de unidade de conservação, como a *Reserva da Agrobiodiversidade* proposta por Santilli (2009), está sendo sugerida com o intuito de promover a conservação e o manejo sustentável da agrobiodiversidade, tal como ocorre atualmente com as Unidades de Conservação.

Segundo Santilli (2009) a criação de uma categoria de unidade de conservação especialmente voltada para a agrobiodiversidade seria uma forma de atrair a atenção e promover a conscientização pública para a necessidade de conservação da diversidade agrícola e para as suas implicações em relação à segurança alimentar. Além disso, seria mais uma forma de obrigar o poder público a apoiar, através de políticas públicas, a conservação *in situ-on farm* da agrobiodiversidade, a definir as áreas prioritárias para a conservação da agrobiodiversidade e a promover a regularização fundiária das terras incluídas em seus limites, beneficiando os agricultores e os sistemas agrícolas locais.

As normas destinadas a regular as *Reservas da Agrobiodiversidade* poderiam restringir as atividades (como exploração de madeira e de minérios, obras de infraestrutura etc.) que podem impactar negativamente a biodiversidade agrícola, limitar o uso de agrotóxicos e de outros poluentes químicos, proteger os mananciais hídricos (com maior rigor) e estabelecer normas de biossegurança mais severas, a fim de evitar possíveis contaminações por cultivos transgênicos. O Protocolo de Biossegurança de Cartagena¹¹, do qual o

¹¹ Em 29 de janeiro de 2000, a Conferência das Partes da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) adotou seu primeiro acordo suplementar conhecido como Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança. Este Protocolo visa assegurar um nível adequado de proteção no campo da transferência, da manipulação e do uso seguros dos organismos vivos modificados (OVMs) resultantes da biotecnologia moderna que possam ter efeitos adversos na conservação e no uso sustentável da diversidade biológica, levando em conta os riscos para a saúde humana, decorrentes do movimento transfronteiriço. Fonte: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade>.

Brasil é signatário, reconhece a “importância crucial” dos centros de origem e de diversidade genética das plantas e, conseqüentemente, a necessidade de se adotar medidas especiais para evitar os impactos dos organismos geneticamente modificados sobre tais centros. Portanto, uma categoria de área protegida especialmente destinada a conservar a agrobiodiversidade *in situ-on farm* deve contemplar normas especiais de biossegurança.

A indicação do Extremo Oeste de Santa Catarina como um ‘micro-centro de diversidade’ de milho pode estimular o desenvolvimento de medidas e estratégias de conservação e, não deve ser considerada uma proposta encerrada em termos de pesquisas. Novos estudos são necessários para avaliar os impactos potenciais do milho geneticamente modificado sobre as variedades locais de milho e dos parentes silvestres no contexto da conservação *in situ-on farm*. Tais estudos devem elucidar as vias de contaminação e os impactos sobre a agrobiodiversidade, com intuito de balizar políticas agrícolas que determinem a necessidade de medidas de restrição ou, zonas de exclusão do plantio de milho geneticamente modificado.

5. CONCLUSÕES

O *Censo da Diversidade* permitiu identificar 1.513 variedades locais e a ocorrência de parentes silvestres de *Zea mays* L., além de uma importante diversidade, caracterizada por meio da riqueza de grupos morfológicos e valores de uso, agronômicos e adaptativos.

A região do Extremo Oeste de Santa Catarina, localizada no Sul do Brasil, pode ser indicada como um ‘micro-centro de diversidade’ de *Zea mays* L., por corresponder a uma área microgeográfica que contempla uma reserva genética da espécie, na qual se encontra submetida a um processo corrente de diversificação, em consequência da atividade humana e dos aspectos socioculturais que envolvem a região.

A distribuição espacial da diversidade é heterogênea, o que indica a presença de áreas com maior diversidade, que são indicadas para inclusão em estratégias de conservação *in situ-on farm*, coleta de germoplasma, tanto para conservação *ex situ* quanto para futuros estudos de diversidade, que possam utilizar outras ferramentas científicas para sua caracterização.

6. REFERÊNCIAS

- Aguilar-Støen M, Moe SR, Camargo-Ricalde SL (2008) Home gardens sustain crop diversity and improve farm resilience in Candelaria Loxicha, Oaxaca, Mexico. *Human Ecology* 37:55–77
- Alves PA, Mattei LF (2006) Migrações no Oeste catarinense: história e elementos explicativos. Universidade Estadual de Campinas. http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP2006_598.pdf. Accessed 20 February 2014
- Amri A, Arias-Reyes LM, Asfaw Z, Bajracharya J, Birouk A, Bouzigaren A, Burgos-May L, Canu-Ku J, Chávez-Servia JL et al. (2006) Los caracteres agromorfológicos, y la selección y el mantenimiento que da el agricultor. In: Jarvis DI, Myer L, Klemick H, Guarino L, Smale M, Brown AHD, Sadiki M, Sthapit B, Hodgkin T. *Guía de Capacitación para la Conservación in situ en Fincas*. Roma. pp 224
- Bellon MR (1996) The dynamics of crop intraspecific diversity: A conceptual framework at the farmer level. *Economic Botany* 50:26-39
- Bellon MR, Brush SB (1994) Keepers of maize in Chiapas, Mexico. *Economic Botany* 48:196-209
- Bellon MR, Berthaud J, Smale M, Aguirre JA, Taba S, Aragon F, Diaz J, Castro, H (2003) Participatory landrace selection for on-farm conservation: An example from the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50:401-416
- Brasil (2003) Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento. *Legislação Brasileira de Sementes e Mudas*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2003/L10.711.htm. Accessed 13 February 2013
- Brown AHD, Spillane C (1999) Implementing core collections - principles, procedures, progress, problems and promise. In: Johnson RC, Hodgkin T (Ed.) *Core collections for today and tomorrow*. Roma: IPGRI, pp 1-9
- Brush, SB (2000) *Genes in the field: on-farm conservation of crop diversity*. Lewis Publishers
- Carvalho VP, Ruas CF, Ferreira JM, Moreira RMP, Ruas PM (2004) Genetic diversity among maize (*Zea mays* L.) landraces assessed by RAPD markers. *Genetics and Molecular Biology* 27:228-236

- Carvalho MAP, Ganança JFT, Abreu I, Sousa NF, Dos Santos TMM, Vieira MRC, Motto M (2008) Evaluation of the maize (*Zea mays* L.) diversity on the Archipelago of Madeira. *Genetic Resources Crop Evolution* 55:221-233
- Canci, A. Sementes crioulas: construindo soberania na mão do agricultor, a experiência de Anchieta (SC). São Miguel do Oeste: Mclee, 2002. 161 p
- Canci, A.; Vogt, G. A.; Canci, I. J. A diversidade das espécies crioulas em Anchieta – SC: Diagnóstico, resultado de pesquisa e outros apontamentos para a conservação da agrobiodiversidade. São Miguel do Oeste: Mclee, 2004. 112p
- Canci, I. Relações dos sistemas informais de conhecimento no manejo da agrobiodiversidade no oeste de Santa Catarina. 2006. 191 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2006
- Clement CR (1999) 1492 and the loss of amazonian crop genetic resources. II. Crop biogeography at contact. *Economic Botany* 53:203-216
- Cordeiro CMT, Abadie T (2007) Coleções Nucleares. In: Nass LL Recursos genéticos vegetais (ed) Embrapa recursos genéticos e Biotecnologia, Brasília, pp 575-604
- Corona AO, Herrera MJG, Ortiz RE (2013) Diversidad e distribución del maíz native y sus parientes silvestres en México. Biblioteca Básica de Agricultura, México, p263
- Doebley, JF (1983) The taxonomy and evolution of *Tripsacum* and teosinte, the closest relatives of maize. In: Gordon DT, Knoke JK, Nault LR (eds). *Proc. Intl. Maize Virus Disease Colloquium and Workshop*. The Ohio State University, Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster, Ohio, pp 15-28
- Doebley JF (1990) Molecular systematics of *Zea* (Gramineae). *Maydica* 35:143-150
- Doebley JF, Iltis HH (1980). Taxonomy of *Zea* (Gramineae) I. A subgeneric classification with key to taxa. *Amer. J. Bot.* 67:982-993
- Freitas FO, Bendel G, Allaby RG, Brown TA (2003) DNA from primitive maize landraces and archaeological remains: implications for the domestication of maize and its expansion into South America. *Journal of Archaeological Science* 30:901-908

- Frankel OH, Brown AHD, Burdon JJ (1995) The conservation of plant biodiversity. Cambridge University Press
- Giacometti DC (1992) Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil. In: Simpósio Nacional De Recursos Genéticos De Fruteiras Nativas, Cruz das Almas, BA. Anais... Cruz das Almas, BA: EMBRAPA-CNPMF, pp 13-27
- Gomez JAA, Bellon MR, Smale M (2000) A regional analysis of maize biological diversity in Southeastern Guanajuato, Mexico. *Economic Botany* 54:60-72
- Gonçalves GMB, Souza R, Cardozo AM, Lohn AF, Canci A, Guadagnin CA, Ogliari JB (2013) Caracterização e avaliação de variedades de arroz de sequeiro conservados por agricultores do Oeste de Santa Catarina Agropecuária Catarinense 26:630-69
- Grobman A, Bonavia D, Dillehay TD, Piperno DR, Iriarte J, Holst, I (2012) Pre-ceramic maize from Paredones and Huaca Prieta, Peru. *Proc Natl Acad Sci USA* 109: 1755–1759
- Harlan, JR (1971) Agricultural Origins: Centers and Noncenters. *Science* 174:468-474
- Harlan JR (1975) Crops and man. American Society of Agronomy/Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin
- Harlan JR (1992) Crops and man. American Society of Agronomy/Crop Science Society of America, 2ed, Madison, Wisconsin
- Hawkes JG (1983) The diversity of crop plants. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts
- Heerwaarden JV, Eeuwijk FA, Ross-Ibarra J (2010) Genetic diversity in a crop metapopulation. *Heredity* 104:28-39
- Hernandez JAS (2009a) La ley de bioseguridad y los centros de origen y diversificación. In: Yamakake TAK, Sánchez CM, Ovando LMM, Hernández JAS, Boettler RAB (ed) Origen y diversificación del maíz: una revisión científica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp116
- Hernandez JAS (2009b) The origin and diversity of maize in the American continent. Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Mexico, pp 36
- Hijmans RJ, Cruz M, Rojas E, Guarino L, Franco TL (2001) Diva-GIS versión 1.4. Um Sistema de Informação Geográfico para el manejo y análisis de datos sobre Recursos Genéticos. Centro Internacional de la Papa, Lima, pp 91

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (2010). <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>. Accessed 29 February 2012
- Iltis HH, Doebley JF (1980) Taxonomy of *Zea* (Gramineae) II. Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis. *Amer. J. Bot.* 67:994-1004
- Kato TA, Mapes C, Mera LM, Serratos JA, Bye RA (2009) Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Ciudad de México, México, pp 119
- Kist, V, Miranda Filho, JB, Ogliari, JB (2010) Genetic potential of a maize population from Southern Brazil for the modified convergent–divergent selection. *Euphytica* 176:25-36
- Kist, K, Albino VS, Maraschin M, Ogliari JB (2014) Genetic variability for carotenoid content of grains in a composite maize population. *Scientia Agricola* 71:480-487
- Kuhnen S, Lemos PMM, Campestrini L, Ogliari JB, Dias PF, Maraschin M (2009) Antiangiogenic properties of carotenoids: A potential role of maize as functional food. *Journal of Functional Foods* 1:284-290
- Kuhnen S, Ogliari JB, Dias PF, Boffo EF, Correia I, Ferreira AG, Delgadillo I, Maraschin M (2010a) ATR-FTIR spectroscopy and chemometric analysis applied to discrimination of landrace maize flours produced in southern Brazil. *International Journal of Food Science & Technology* 45:1673-1681
- Kuhnen S, Ogliari JB, Dias PF, Santos MS, Ferreira AG, Bonham CC, Wood KV (2010b) Metabolic fingerprint of Brazilian maize landraces silk (stigma/styles) using NMR spectroscopy and chemometric methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58:2194-2200
- Kuhnen S, Lemos PMM, Campestrini LH, Ogliari JB, Dias PF, Maraschin M (2011) Carotenoid and anthocyanin contents of grains of Brazilian maize landraces. *Journal of the Science of Food and Agriculture*
- Kuhnen S, Dias PF, Ogliari JB, Maraschin M (2012) Brazilian Maize Landraces Silks as Source of Lutein: An Important Carotenoid in the Prevention of Age-Related Macular Degeneration. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 3:1609-1614
- Leclerc C, Coppens G (2012) Social Organization of Crop Genetic Diversity. The $G \times E \times S$ Interaction Model. *Diversity* 4:1-32

- Li Y, Shi S, Cao YS, Wang TY (2002) A phenotypic diversity analysis of maize germoplasma reservoir in China. *Maydica* 107-114
- Louette D, Charrier A, Berthaud J (1997) In situ conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany* 51: 20-38
- Louette D, Smale M (2000) Farmers' seed selection practices and traditional maize varieties in Cuizalapa, Mexico. *Euphytica* 113: 25-41
- Lucchin M, Barcaccia G, Parrini P (2003) Characterization of a flint maize (*Zea mays* L. convar. *mays*) Italian landrace: I. Morpho-phenological and agronomic traits. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 50:315-327
- Machado AT, Machado CTT, Coelho CHM, Nunes JA (2002) Manejo da diversidade genética do milho e melhoramento participativo em comunidades agrícolas nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, v. 32, p. 1-22
- Machado AT, Santilli J, Magalhães RA (2008) Agrobiodiversidade com enfoque agroecológico: implicações conceituais e jurídicas. In: Empresa de Pesquisa. Textos para discussão. Brasília, DF
- Matsuoka Y, Vigouroux Y, Goodman MM, Sánchez JJ, Buckler E, Doebley JF (2002) A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99:6080-6084
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858
- Ogliari JB, Alves AC (2007) Manejo e Uso de Variedades de Milho como Estratégia de Conservação em Anchieta. In: de Boef WS, Thijssen MH, Ogliari JB, Sthapit, BR (ed) Biodiversidade e agricultores: fortalecendo o manejo comunitário. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, pp 219-226
- Ogliari JB, Kist V, Canci A (2013) The participatory genetic enhancement of a local maize variety in Brazil. In: de Boef WS, Subedi A, Peroni N, Thijssen M, O'Keeffe E (ed) Community biodiversity management, promoting resilience and the conservation of plant genetic resources, 1st edn. Abingdon, Oxon, pp 265-71

- Ovando LMM (2009) Diversificación y distribución reciente del maíz em México. In: Yamakake TAK, Sánchez CM, Ovando LMM, Hernández JAS, Boettler RAB (ed) Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp 116
- Paterniani E (1998) Diversidade genética e raças de milho no Brasil. In: Soares AC, Machado AT, Silva BM, Von de Weid JM (ed) Milho crioulo: conservação e uso da biodiversidade. AS-PTA, Rio de Janeiro, pp 185
- Paterniani E, Goodman MM (1977) Races of maize in Brazil and adjacent areas. CIMMYT, Mexico City, Mexico
- Paterniani E, Nass LL, Santos, MX (2000) O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil. In: Udry CV, Duarte W (ed) Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos. Brasília, pp 11-41
- Perales RH, Golicher D (2014) Mapping the diversity maize races in Mexico. *PloS One*, 12:1-20
- Perales RH, Brush, SB, Qualset CO (2003) Dynamic management of maize landraces in central Mexico. *Econ. Bot.* 57:21-34
- Piperno DR, Flannery KV (2001) The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: new accelerator mass spectrometry dates and their implications. *Proc Natl Acad Sci USA* 98:2101-2103
- Pohl MED, Piperno DR, Pope KO, Jones JG (2007) Microfossil evidence of pre-Columbian maize dispersals in the neotropics from San Andrés, Tabasco, Mexico. *Proc Natl Acad Sci USA* 104: 6870-6875
- Prasanna BM (2012) Diversity in global maize germplasm: Characterization and utilization. *J. Biosci.* 37:843–855
- Pressoir G, Berthaud J (2004) Patterns of population structure in maize landraces from the Central Valleys of Oaxaca in Mexico. *Heredity* 92:88–94
- Santilli J (2009) Agrobiodiversidade e direitos dos agricultores. Peirópolis, São Paulo, pp. 519
- Serpolay-Besson E, Giuliano S, Schermann N, Chable V (2014) Evaluation of Evolution and Diversity of Maize Open-Pollinated Varieties Cultivated under Contrasted Environmental

- and Farmers' Selection Pressures: A Phenotypical Approach. *Open Journal of Genetics*, 4: 125-145
- Shannon CE (1948) A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* 27:379-423
- Siopongco LB, Altoveros NC, Cruz VMV, Villavicencio MLH (1999) Morphological Diversity in NPGRL's Local Corn Collection. *Crop Science Society of Philippines*, 24:103-113
- Stace CA (1989) *Plant taxonomy and biosystematics* (2 ed). Edward Arnold, London, pp 264
- Taba S (1997) Latin American Maize Germplasm Regeneration and Conservation: Proceedings of a Workshop held at CIMMYT, June 4-6, 1996. Maize Program Special Report. Mexico, CIMMYT
- Terrazas F, Valdivia G (1998) Space dynamics of in situ preservation: handling of the genetic diversity of andean tubers in mosaic systems. *Plant Genetic Resources Newsletter* 114:9-15
- Terrazas F, Guidi A, Cadima X, Gonzalez R, Chávez E, Almanza J, Salazar MJP, Baudoin JP (2005) Conservación in situ y valoración de las papas nativas en el micro-centro de diversidad genética de Candelaria, Cochabamba-Bolivia. *Agrociencia* 9:135-146
- Tsegaye B, Berg T (2007) Utilization of durum wheat landraces in East Shewa, central Ethiopia: Are home uses an incentive for on-farm conservation? *Agriculture and Human Values* 24:219-230
- Uarrota VG, Amante ER, Demiate IM, Vieira F, Delgadillo I, Maraschin, M (2012) Physicochemical, thermal, and pasting properties of flours and starches of eight Brazilian maize landraces (*Zea mays* L.). *Food Hydrocolloids* 30:614-624
- Valois ACC, Salomão AN, Allem AC (1996) Glossário de Recursos Genéticos Vegetais. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, pp 62
- Vavilov NI (1951) *Phytogeographic basis of plant breeding. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. Chronica Botanica* 13:14-54
- Vavilov NI (1992) *Origin and geographic of cultivated plants. Cambridge University Press, Cambridge*, pp. 497
- Vilaró MV (2013) Estudio de la diversidad genética de colecciones de maíz (*Zea mays* L.) del Cono Sur de América. Tesis, Facultad de Ciências, Universidad de la Republica. Montevideo

- Vigouroux Y, Glaubitz J, Matsuoka Y, Goodman MM, Sánchez GJ, Doebley JF (2008) Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by DNA microsatellites. *American Journal of Botany* 95:1240-1253
- Vogt GA (2005) A dinâmica do uso e manejo de variedades locais de milho em propriedades agrícolas familiares. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis
- Warburton ML, Wilkes GH, Taba S, Charcosset A, Mir C, Dumas F, Madur D, Dreisigacker S, Bedoya C, Prasanna BM, Xie CX, Hearne S, Franco J (2011) Gene flow among different teosinte taxa and into the domesticated maize gene pool. *Genetic Resources and Crop Evolution* 58:1243-1261
- Weltzien E, Smith ME, Meitzner L, Sperling L (2000) Technical and institutional issues in participatory plant breeding from the perspective of formal plant breeding: a global analysis of issues, results, and current experience. Washington: CGIAR, 106p
- Wilkes HG (2007) Urgent notice to all maize researchers: disappearance and extinction of the last wild teosinte populations is more than half completed. A modest proposal for teosinte evolution and conservation in situ: the Balsas, Guerrero, Mexico. *Maydica* 52:49–58
- Zimmerer, K. S. (1991) Managing diversity in potato and maize fields of the Peruvian Andes. *Journal of Ethnobiology* 11: 23–49
- Zimmerer KS, Douches DS (1991) Geographical approaches to crop conservation: the partitioning of genetic diversity in andean potatoes. *Economic Botany* 45:176-189

CAPÍTULO II

Ocorrência de parentes silvestres do milho no sul do Brasil¹²

RESUMO

O registro da ocorrência de parentes silvestres do milho nas terras baixas da América do Sul em convivência simpátrica com a espécie cultivada é um fato relevante sob o ponto de vista da conservação dos recursos genéticos. O objetivo desse trabalho foi identificar e caracterizar populações de teosinto presentes na microrregião Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil. A ocorrência do teosinto foi caracterizada por meio do conhecimento local, a partir de entrevistas semiestruturadas. Foi realizada a caracterização fenotípica de cinco populações, com base em 22 descritores morfológicos considerados chaves para a classificação do gênero *Zea*. Com o intuito de validar as informações obtidas pelos descritores morfológicos foi realizada a caracterização de *knobs* cromossômicos de duas populações. Dos 305 agricultores entrevistados, 136 manejam ou cultivam teosinto, há pelo menos 64 anos. As populações avaliadas caracterizaram-se por possuir frutos predominantemente trapezoidais, ramificações do pendão eretas (de 4 a 18), comprimento da ramificação principal do pendão não proeminente; glumas glabras, com duas nervuras externas salientes e média de oito nervuras internas. A análise citogenética identificou 10 pares de cromossomos homólogos ($2n=20$), com 26 *knobs*, localizados na região terminal de todos os cromossomos. A semelhança destes resultados com as informações reportadas na literatura indica que populações de teosinto dessa região de Santa Catarina pertencem à espécie botânica *Zea luxurians*.

Palavras chaves: características fenotípicas, *knobs* cromossômicos, parentes silvestres, recursos genéticos, *Zea luxurians*.

¹²Artigo *Presence of Zea luxurians populations* (Durieu and Ascherson) Bird* in southern Brazil: implications for the conservation of wild relatives of maize em processo elaboração. Autores: Natália Carolina de Almeida Silva, Rafael Vidal, Flaviane Malaquias Costa, Magdalena Vaio, Juliana Bernerdi Ogliari. Desenvolvido em parceria com a Universidad de la Republica, Uruguai.

ABSTRACT

Records of the occurrence of wild relatives of maize in South American lowlands with sympatric coexistence is relevant, because regions of occurrence of wild relatives of cultivated plants should be a priority for conservation, even if they do not correspond to the center of origin of the species. The aim of this study was to identify and characterize the wild relatives of maize in the Far West of Santa Catarina, southern Brazil. Therefore, phenotypic characterization was performed for five populations, based on 22 morphological traits deemed as crucial for classifying the species of the genus *Zea*, validated through the characterization of chromosomal knobs of two populations. The occurrence and distribution of teosinte populations were described through semi-structured interviews applied to a sample of 305 farmers. A total of 136 teosinte populations were identified; 75% of them occur spontaneously; 17% are cultivated populations and 8% occur both ways, for the same property. Populations that were characterized morphologically had trapezoidal fruits mostly, upright tassel branch (4-18), non-prominent main branch and glabrous glumes, with two protruding outer ribs and 8 inner ribs, on average. Cytogenetic analysis identified 10 pairs of homologous chromosomes ($2n=20$) with 26 knobs, located in the terminal region of all chromosomes. The similarity of these results with the information reported in the literature indicates that the five populations of wild relatives of maize in this region of Santa Catarina belong to the botanical species *Zea luxurians*.

Palavras chaves: phenotypic characteristics, genetic resources, knobs, crop wild relatives, *Zea luxurians*.

1. INTRODUÇÃO

Os parentes silvestres das plantas cultivadas compreendem espécies de plantas ancestrais, bem como as espécies aparentadas em maior ou menor grau, que compartilham o mesmo *pool gênico* da espécie cultivada (Meiller & Hodgkin, 2004; Maxted et al., 2006; Heywood et al., 2007; Jarvis & Hijmans, 2008). São recursos genéticos importantes por constituírem reservatórios de genes para resistência a doenças, pragas e condições climáticas extremas, como seca, inundações e frio, além de apresentarem componentes nutricionais importantes para a alimentação (Kovasc et al., 2008; Bamberg & Hanneman, 2003; Pan et al., 2000).

Para muitas comunidades de agricultores, os parentes silvestres contribuem diretamente para a soberania e segurança alimentar por meio do fornecimento de frutas, folhas, forragens, tubérculos e sementes (Cadmia et al., 2013). Apesar da sua importância, existem poucos esforços destinados à sua conservação, seja pelo número restrito de áreas de proteção, seja pela baixa representatividade nos bancos de germoplasma, ou ainda, pela falta de informação a respeito de sua distribuição geográfica e do seu potencial genético.

Os parentes silvestres do milho compreendem espécies dos gêneros *Tripsacum* e *Zea*, sendo que as espécies deste último são comumente denominadas de teosintos. Os teosintos são os parentes silvestres mais próximos do milho, sendo representados por espécies anuais diplóides, e perenes diplóides e tetraplóides (Iltis & Doebley, 1980; Doebley & Iltis, 1980; Doebley, 1990; Iltis & Benz, 2000).

As espécies de teosinto estão taxonomicamente distribuídas em duas seções do gênero *Zea*: seção *Luxuriantes* e seção *Zea* (Wilkes, 1967; Iltis & Doebley, 1980; Doebley & Iltis, 1980; Doebley, 1990; Iltis & Benz, 2000;; Fukunaga et al., 2005).

A seção *Luxuriantes* inclui as espécies *Zea perennis* (Hitch) Reeves e Mangelsdorf, *Zea diploperennis* Iltis, Doebley e Guzman e *Zea luxurians* (Dirieu e Ascherson) Bird*; posteriormente, foi incluída a espécie *Zea nicaraguenses* Iltis e Benz 2000. A seção *Zea*, inclui a espécie *Zea mays* L., que, por conseguinte está dividida em quatro subespécies: *Zea mays* ssp. *mexicana* (Schrader) Iltis, *Zea mays* ssp. *parviglumis* Iltis e Doebley, *Zea mays* ssp. *huehuetenangensis* (Iltis e Doebley) Doebley e, *Zea mays* L. ssp. *mays*, que inclui centenas de raças de milho cultivado. Estudos moleculares sustentam a hipótese de

que a espécie *Zea mays* ssp. *parviglumis* é o progenitor do milho cultivado (Matsuoka et al., 2002; Vigouroux et al., 2008).

Os teosintos também são classificados segundo à classificação de raças, conforme a origem geográfica (Sánchez et al., 2011). Foram descritas três raças de *Zea mays* ssp. *mexicana* (Nobogame, Mesa Central e Chalco), duas de *Zea mays* ssp. *parviglumis* (Jalisco e Balsas) e duas raças guatemaltecas, Guatemala e Huehuetenango, referentes a *Zea luxurians* e *Zea mays* ssp. *huehuetenangensis*, respectivamente (Wilkes, 1967; Fukunaga et al., 2005; Buckler et al., 2006).

A distribuição geográfica dos teosintos se restringe às áreas tropicais e subtropicais do México, Guatemala, Nicarágua e Honduras (Wilkes, 1967; Iltis & Benz, 2000; Sánchez et al., 2011). Esta distribuição não é uniforme e está intimamente relacionada ao clima, ao solo e aos aspectos culturais específicos de cada região (Sánchez et al., 2011). Entretanto, a maioria das espécies está representada por apenas algumas populações de plantas (Fukunaga et al., 2005) ou, até mesmo, por alguns indivíduos. Isso mostra que as informações sobre sua distribuição geográfica ainda são escassas (Mandragon-Pichardo & Vibrans, 2005), principalmente em regiões fora dos centros de origem.

No Brasil, o registro mais antigo sobre a presença de teosinto consta no *Dicionário de Plantas Úteis do Brasil* de 1930, de Pio-Corrêa. Nesta publicação, o teosinto é comumente denominado de *teosinto da Guatemala*, *capim da Venezuela* e *capim imperial* e classificado como *Euchlaena mexicana* (Pio-Corrêa, 1984), antiga classificação que considerava todas as espécies de teosinto como uma única espécie. Registros mais recentes datam de 1972 e descrevem o potencial forrageiro do teosinto no Brasil, denominado de *milhina* e *dente de burro*, mas sem descrição sobre a espécie e sua origem (Araújo, 1972).

Nas coleções *ex situ* nacionais, o acesso mais antigo de teosinto data de 1936 e está conservado no banco de germoplasma do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), no Estado de São Paulo. Os dados de passaporte contêm apenas a denominação comum, *teozinte*, e o local de origem está descrito como *campos de produção do Estado de São Paulo*. No total, o IAC mantém três acessos de teosinto, sendo um de 1937, denominado *florida teosinte*, nome comum da espécie *Zea luxurians* (Bird, 1978); outro denominado *perennial teosinte*, também de

1937 e; *teosinto* de 1942¹³. Estes três acessos não possuem informações quanto à sua origem (intercâmbio ou coleta).

No banco de germoplasma da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), estão conservados oito acessos de *teosinto*: seis pertencem à espécie botânica *Zea mays* ssp. *mexicana*, sendo um deles denominado *dente de burro*; um é da espécie *Zea diploperennis* e; outro corresponde a espécie *Zea perennis*. Todos os oito acessos foram doações do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT) realizadas entre 1989 e 2011.¹⁴ Em ambos os bancos de germoplasma, IAC e Embrapa, não existem acessos coletados na região Sul do Brasil.

Durante a pesquisa *Censo da Diversidade*, realizada nos municípios de Anchieta e Guaraciba, Extremo Oeste de Santa Catarina, foi constatada a presença de parentes silvestres do milho; muitas populações são manejadas ou cultivadas pelos agricultores da região. A ocorrência de populações de *teosintos* em regiões geográficas com características edafoclimáticas, de relevo e altitude distintos daquelas encontradas em seu centro de origem é relevante sob o ponto de vista da conservação, à medida que se amplia o conhecimento sobre sua dispersão, distribuição, diversidade e usos.

Diante desse o contexto, este trabalho teve como objetivo registrar, identificar e caracterizar populações de parentes silvestres do milho dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização dos aspectos relacionados à ocorrência dos parentes silvestres na região de estudo foi realizada por meio de entrevistas semi-estruturadas, orientadas pelo formulário *Descriptors for farmers' knowledge of plants* (Bioversity International, 2009). A pesquisa de campo foi realizada no período de janeiro a julho de 2013. Foram entrevistados 305 agricultores; nesta ocasião foram coletadas sementes, conforme disponibilidade. Para cada variável, foi realizada análise exploratória e inferência dos dados por meio de estatísticas

¹³Comunicação pessoal de Renato Ferraz de Arruda Veiga, pesquisador do Centro de Recursos Genéticos do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

¹⁴Comunicação pessoal de Juliano Gomes de Pádua, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

descritivas, conforme o número de observações que apresentaram dados completos. O mapeamento e a distribuição geográfica (coordenadas geográficas em UTM) foram realizados com o auxílio do sistema de informação geográfica DIVA-GIS (Hijmans et al., 2001).

2.1 Identificação da espécie

Foi realizada a caracterização fenotípica de cinco populações (Tabela 1) no Centro de Ciências Agrárias da UFSC, no período de setembro a maio de 2014. Cada população foi avaliada em uma fileira de 4 metros de comprimento, com espaçamento de um metro entre fileiras. Os dados foram obtidos de nove ou dez plantas por população, com posterior herborização do material para a identificação botânica da espécie.

Tabela 1. Localização das áreas de coleta das populações de parentes silvestres do milho.

Populações	Município	Área de coleta	Altitude (m)	Latitude	Longitude
T2484	Anchieta	Pastagem	501	-26.6237	-53.4949
T2335	Anchieta	Pastagem	619	-26.4860	-53.2530
T2021	Anchieta	Pastagem	696	-26.5731	-53.3047
T51	Guaraciaba	Lavoura de milho	570	-26.5972	-53.3976
T824	Guaraciaba	Lavoura de milho	594	-26.5444	-53.6103

Foram avaliadas 22 características fenotípicas, muitas delas consideradas chaves para a identificação botânica das espécies do gênero *Zea* (Iltis & Doebley, 1980; Doebley & Iltis, 1980; Sánchez et al., 2011). As características avaliadas foram: florescimento masculino (dias), florescimento feminino (dias), número total de folhas; comprimento e largura da folha bandeira; número de perfilhos por planta; número de ramificações laterais, altura de planta (cm); altura da espiga inferior (cm), altura da espiga superior (cm); número de ramificações do pendão; comprimento do pendão (cm); comprimento da ramificação principal do pendão (cm); comprimento da gluma exterior (mm); largura da gluma exterior (mm); número de nervuras da gluma exterior; comprimento da espiga superior (cm), peso de cem de sementes (gr), forma das ramificações do pendão (laxa ou ereta), tipo de ramificação principal do pendão (proeminente ou não proeminente); presença de pelos nas nervuras laterais das glumas; forma da cápsula de

grãos. As características das glumas foram avaliadas com auxílio de lupa e câmera digital.

Com o objetivo de ampliar os resultados obtidos com base nos descritores fenotípicos, foi realizada a caracterização citogenética das populações T2484 e T2335. As análises foram realizadas no Departamento de Biologia Vegetal da Faculdade de Agronomia da Universidade da República, Uruguai.

O material vegetal consistiu de raízes obtidas de sementes germinadas em placas Petri. Para as análises mitóticas, as raízes foram pré-tratadas com 0,002 M 8-hidroxiquinoline, a 10°C por 20-24 h, fixados em Carnoy 3:1 (etanol/ácido acético glacial), por 2 a 24 h à temperatura ambiente e, posteriormente, estocadas a -20°C. Para realizar as preparações citológicas as mesmas foram digeridas com uma mistura de 2% celulase e 20% pectinase (w/v), por três horas a 37 °C, em seguida tratadas com ácido acético 60% por, pelo menos, 30 min, e maceradas em ácido acético 45%. Após a remoção da lamínula por nitrogênio líquido, as lâminas foram secadas ao ar, envelhecidas por três dias à temperatura ambiente e estocadas no freezer a -20 °C.

Para a dupla coloração com os fluorocromos cromomicina A3 (CMA) e 4,6-diamidino-2-fenilindol (DAPI; Sigma) foi utilizado o protocolo descrito em Cabral et al. [30]. As preparações citológicas foram coradas com 0,1 mg/ml CMA por uma hora e 1 µg/ml DAPI por meia hora. Posteriormente, foram inseridas no tampão McIlvaine's pH 7/glicerol, 1:1 (v/v).

As imagens das melhores células foram obtidas utilizando um microscópio Leica DMLB equipado com câmera Cohu CCD e o software Leica QFISH. As imagens foram processadas com o programa Adobe Photoshop CS3 somente para brilho e contraste. Os kariogramas e medições foram realizados no mesmo programa. Para a construção do ideograma, foi utilizado o Corel Draw X16.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Percepção local sobre os parentes silvestres do milho

Dos 305 agricultores entrevistados, 136 manejam ou cultivam populações de parentes silvestres (Figura 1). Em ambos os municípios, estes são denominados pela maioria dos agricultores (96%) de *dente de burro*.

Segundo o relato dos agricultores, o *dente de burro* está presente na região, pelo menos, desde 1949. Esta informação coincide com a origem das populações mapeadas, sendo que 25% foram citadas como pré-existentes na propriedade, 20% foram trazidas com a família durante o processo de migração do Rio Grande do Sul para Santa Catarina, 28% foram adquiridas no comércio local (as sementes são produzidas pelos próprios agricultores e vendidas às agropecuárias) e, 18% foram adquiridas com agricultores vizinhos ou apresentaram outras origens, como dispersão por animais e maquinários agrícolas.

As plantas foram caracterizadas como anuais, espigas dísticas, altura média de planta e número médio de perfilhos por planta, estimados em 2 metros e 10 perfilhos, respectivamente. A característica que apresentou maior variação foi cor de grão, com pelo menos sete citações: cinza (30%), multicores (25%), branco (17%), marrom (16%), preto (4%), amarelo (2%) e roxo (1%).

A presença e distribuição dos parentes silvestres do milho na região estão relacionadas ao seu uso para pastagem, principalmente para o gado leiteiro. O potencial forrageiro foi mencionado por 43% dos agricultores. Este valor associado ao uso também foi indenticado por outros autores para diferentes espécies do gênero *Zea*, como os estudos de Benz et al. (1990) para *Zea mays* ssp. *diploperennis*, Miranda (2000) para *Zea mays* ssp. *parviglumis* e; Vibrans & Estrada (1998) para *Zea mays* ssp. *mexicana*.

Foram identificadas 388 indicações referentes à resistência a pragas (35%), resistência a doenças (27%), tolerância à seca (16%), rendimento de leite (9%), rendimento de pastagem (8%), maciez da pastagem (4%), tolerância à temperatura elevada (3%), tolerância a herbicida (2%) e outras indicações (1,7%), como tradição e artesanato e tolerância à baixa temperatura.

Conforme o manejo do agricultor, as populações foram caracterizadas como *espontâneas* (75% das populações observadas), *cultivadas* (17%) e, em menor proporção, ambos os tipos (8%). As populações *cultivadas* são aquelas em que os agricultores guardam sementes a cada geração para a safra seguinte. O plantio ocorre entre os meses de agosto a novembro, mesma época do plantio de milho na região. Uma fração da área de pastagem é destinada à produção de sementes, cuja colheita é realizada antes do processo de dispersão das mesmas.



Figura 1. Localização da área de estudo e distribuição geográfica de 136 populações de nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.

As populações *espontâneas* são àquelas que crescem indesejavelmente nas lavouras de milho, de cana de açúcar, de mandioca, em áreas de outras pastagens e margens de rios. A frequência dessas populações foi considerada elevada, uma vez que os agricultores mencionaram que estas ocorrem todos os anos, entre os meses de agosto a dezembro.

A presença de populações *espontâneas* está relacionada com o fato de muitos agricultores terem abandonado o cultivo do teosinto, em função da introdução da aveia de verão (*Sorghum sudanense* L.) para fins de pastagem. Além disso, as sementes são dispersas por aves, máquinas agrícolas e pelos próprios animais. O processo de dispersão das sementes interfere no manejo realizado pelos agricultores, pois 54% disseram realizar algum tipo de controle para evitar a dispersão para outras áreas da propriedade.

Evidências de fluxo gênico com formações de híbridos naturais entre milho e seus parentes silvestres, em ambos os sentidos, foram apontados por 49 agricultores (Figura 2). Estes relatos são baseados em observações de campo de alterações de características morfológicas, como: (i) nos teosintos, a formação de espigas com quatro fileiras de grãos, grãos maiores e de coloração amarela e grãos semelhantes ao endosperma do tipo pipoca, (ii) no milho, estreitamento da folha, perfilhamento de espigas, formação de espigas sem grãos e capacidade de expansão do grão em milhos que não possuem endosperma do tipo pipoca. Este processo é favorecido pela ocorrência de populações espontâneas em áreas cultivadas com milho, pela proximidade das áreas de pastagem às lavouras de milho e pela coincidência na época de plantio.

O fluxo gênico entre milho e seus parentes silvestre pode ser considerado um mecanismo que incrementa ou gera diversidade como um processo natural na evolução do milho, conservado *in situ-on farm* pelos agricultores da região. Sob outra perspectiva, a possibilidade de fluxo gênico entre ambos deve ser analisada com certa cautela, em função do cultivo de milho geneticamente modificado na região, sobretudo do milho resistente a herbicida, enquanto possíveis contaminantes de populações de ocorrência espontânea.

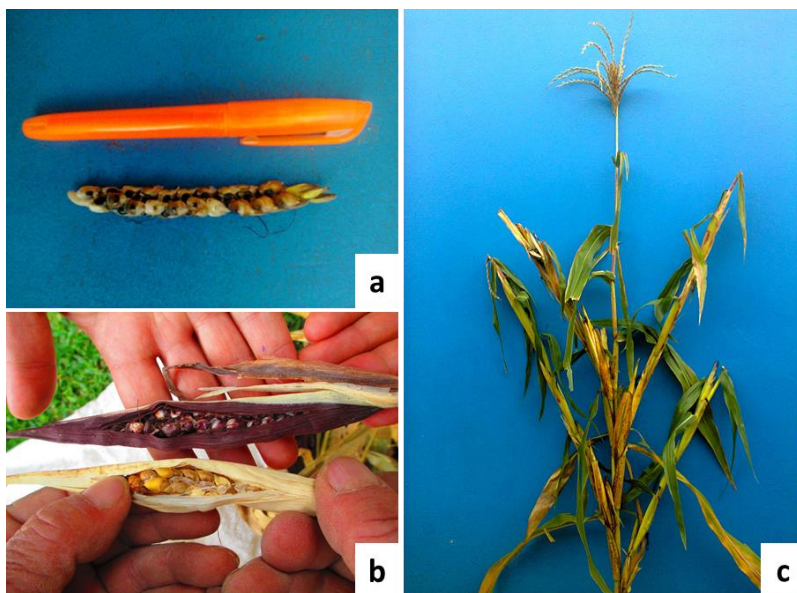


Figura 2. Híbridos de teosintos e milho: a) espiga com duas fileiras de grãos, b) característica da espiga oriunda de cruzamento com a variedade local de milho *Palha Roxa*, c) característica da planta inteira.

4.2 Populações de *Zea luxurians* (Durieu and Ascherson) Bird*

As cinco populações estudadas apresentaram ramificações do pendão eretas, ramificação principal não proeminente e glumas glabras. As populações *T2021*, *T2335* e *T2484* apresentaram frutos predominantemente trapezoidais, enquanto que as populações *T51* e *T824* apresentaram frutos predominantemente triangulares (Figura 3). As glumas masculinas apresentaram nervuras laterais (externas) proeminentes, com seis a 18 nervuras internas (média de oito nervuras). O número de ramificações do pendão variou de quatro a 18.

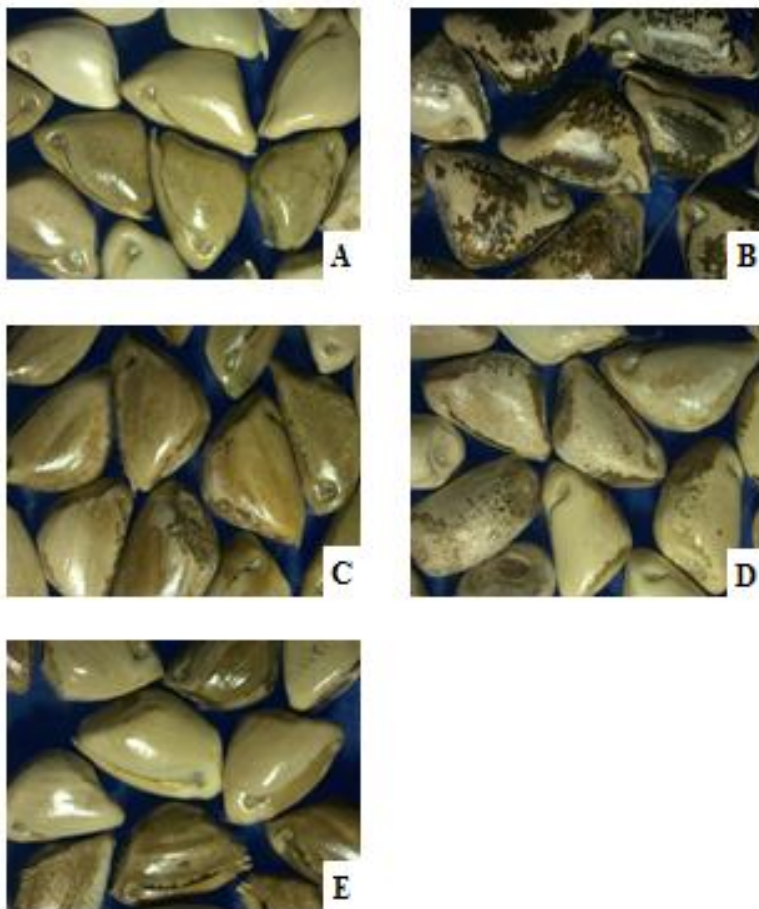


Figura 3. Características morfológicas dos frutos (grãos) de cinco populações de parentes silvestres do milho dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina. População A: *T51*, B: *T824*, C: *T2021*, D: *T2335* e, E: *T2484*.

Estes resultados foram concordantes com a descrição realizada por Doebley & Iltis (1980) para a espécie *Zea luxurians*. Esta espécie anual de teosinto caracteriza-se por possuir glumas masculinas com duas nervuras externas (laterais) proeminentes, com nove a 24 nervuras internas, pendão com uma a 24 ramificações (média de 10) e frutos predominantemente trapezoidais. Todas as espécies de teosinto da seção *Luxuriantes* possuem grãos predominantemente trapezoidais e as populações da seção *Zea*, grãos predominantemente triangulares (Doebley & Iltis, 1980; Iltis & Doebley, 1980). As populações T824 e T51 foram as únicas coletadas em lavouras de milho e continham alguns grãos maiores e de coloração amarela. Eventuais cruzamentos com milho poderiam explicar a predominância de grãos triangulares.

As características número de folhas e peso de 100 sementes (Tabela 1) foram concordantes com os resultados obtidos por Sánchez et al. (2011) para populações da espécie *Zea luxurians* da Guatemala, com 15 e 85 g, respectivamente. Entretanto, as características florescimento feminino (166 dias), florescimento masculino (146 dias), número de ramificação do pendão (16) e número de ramificações laterais (média de 3,7) foram coincidentes com as características descritas para a espécie *Zea nicaraguensis* (Sanchez et al., 2011). A característica número de ramificações do pendão foi concordante com os resultados obtidos por Loiasiga et al. (2012) para a espécie *Z. luxurians*. Sánchez et al. (2011) também identificaram diferenças morfológicas entre populações das mesmas espécies da seção *Luxuriantes* oriundas de diferentes regiões.

As espécies *Z. luxurians* e *Z. nicaraguensis* possuem características muito semelhantes (Iltis & Benz, 2000; Sánchez et al., 2011); estudos baseados em marcadores moleculares demonstraram a similaridade genética entre estas duas espécies (Wang et al., 2008). As populações T2484 e T2335 apresentaram número cromossômico de $2n=20$. O tamanho dos cromossomos variou de 3,9 a 7,2 μm (Figura 3), sendo o tamanho total do complemento cromossômico de aproximadamente 110 μm . O careotipo foi simétrico e constituído por quatro pares de cromossomos metacêntricos (Par 1 a 4), cinco submetacêntricos (Par 5 a 9) e um par quase acrocêntrico (Par 10; relação entre braços de 2,7).

Tabela 2. Valores médios de 18 características quantitativas de cinco populações de parentes silvestres do milho dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.

	Populações					Desvio padrão
	T51	T824	T2021	T2335	T2484	
Número de indivíduos	10	9	10	10	9	
Características fenotípicas						
Florescimento masculino (dias)	149	129	171	158	133	15,6
Florescimento feminino (dias)	173	161	181	175	157	9,0
Número de folhas por planta	16,3	18,2	15,2	14,0	14,1	1,6
Comprimento folha bandeira (cm)	27,0	54,0	37,2	29,2	38,7	9,5
Largura folha bandeira (cm)	3,1	6,0	5,3	3,9	5,3	1,1
Número de perfilhos por planta	4,8	2,4	4,9	5,6	8,5	2,0
Número de ramificações laterais	3,6	4,2	4,7	3,2	4,5	0,6
Altura de planta (m)	2,7	2,7	2,9	2,5	2,6	0,1
Altura da espiga inferior (m)	1,6	1,5	1,8	1,4	1,6	0,1
Altura da espiga superior (m)	2,0	1,8	2,3	1,9	2,0	0,2
Comprimento da espiga superior (cm)	14,3	9,2	12,2	13,4	12,7	1,7
Numero de ramificações do pendão	14,0	10,3	10,7	11,0	12,4	1,4
Comprimento do pendão (cm)	20,0	28,9	21,7	20,8	23,1	3,2
Comprimento ramificação principal do pendão (cm)	11,9	19,6	13,7	15,2	14,1	2,6
Comprimento da gluma (mm)	9,6	11,4	9,8	9,2	9,3	0,8
Largura da gluma (mm)	2,7	2,9	2,8	2,7	2,6	0,1
Número de nervuras da gluma	8,7	10,9	9,6	9,7	11,3	0,9
Peso de 100 sementes (gr)	77,1	88,8	81,2	68,2	86,4	7,3

Na Figura 4, observa-se o idiograma junto com os tamanhos cromossômicos e relações entre braços. Os cromossomos foram ordenados segundo o tamanho e padrão de bandas heterocromática. Os pares cromossômicos 1 e 2 e do 5 ao 8 mostram diferenças significativas no tamanho, ordenados conforme o cariograma proposto por González et al. (2011) em função das bandas DAPI+.

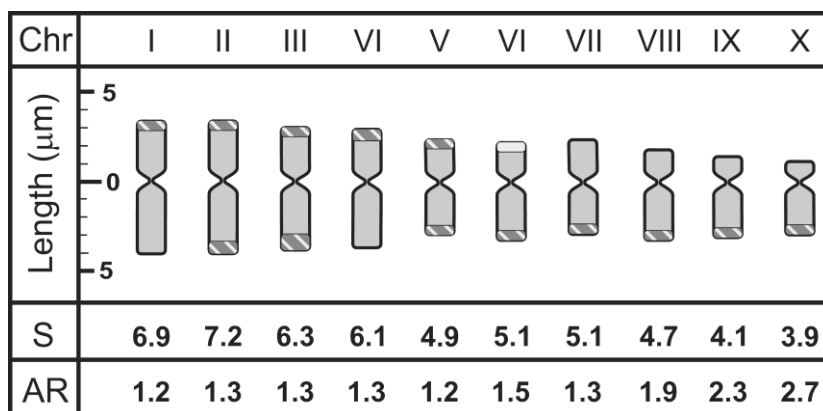


Figura 4. Representação do idiograma com base no tamanho do cromossomo, relação entre os braços cromossômicos e padrões de bandas heterocromáticas. Chr: identificação dos 10 cromossomos; S; tamanho do cromossomo; AR: relação entre os braços dos cromossomos.

Todos os cromossomos apresentaram bandas-DAPI, totalizando 13 pares de bandas DAPI⁺ e localizadas nas regiões terminais dos cromossomos (Figura 5). Os pares cromossômicos 1 e 4 apresentaram uma banda DAPI⁺ terminal no braço curto, enquanto que os pares 2, 3 e 5 apresentaram bandas DAPI⁺ nas regiões teloméricas de ambos os braços cromossômicos. Nos demais cromossomos, a banda-DAPI se observou na região telométrica do braço longo. Foram observadas diferentes intensidades entre as bandas, sendo as localizadas no braço longo dos pares cromossômicos 3 e 9 as de maior intensidade e provavelmente maior número de cópias das sequências repetitivas que as conformam.

Todas as bandas DAPI⁺ foram marcadas também com CMA (bandas CMA⁺/DAPI⁺) ainda que com menor intensidade. As únicas

bandas que foram CMA⁺ e não marcaram com DAPI (CMA⁺/DAPI⁰) se localizaram na região terminal do braço curto do cromossomo 6, provavelmente coincidente com a região NOR.

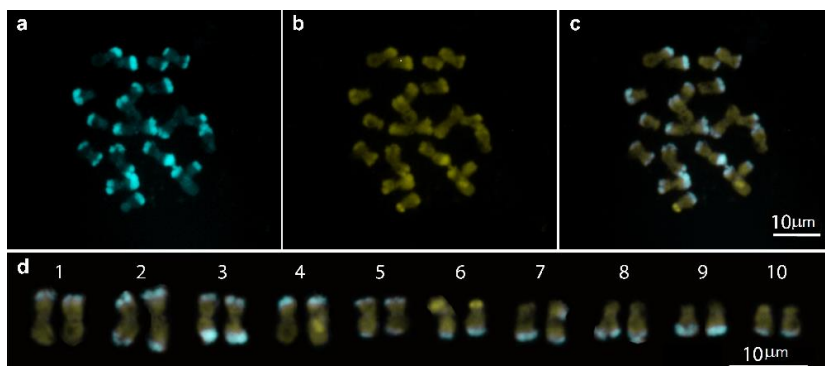


Figura 5. Localização dos *knobs* cromossômicos. Bandas heterocromáticas DAPI⁺ localizadas nas regiões terminais.

Os blocos cromossômicos ou *knobs* têm sido amplamente estudados e caracterizados nos diferentes taxa do gênero *Zea* e ocorrem em todas as espécies com $2n=20$. A posição e número de *knobs* variam entre as diferentes linhas, raças e espécies do gênero e os padrões observados têm sido utilizados por vários autores para caracterizar, identificar, classificar e até sugerir relações evolutivas (McClintock et al., 1981; Poggio et al., 1998; González-Sánchez et al., 2003; Ellneshog-Staam et al., 2007; González et al., 2013).

No milho, ocorrem variações entre plantas de uma mesma população. Apesar de toda variação, os *knobs* podem ser utilizados como marcadores taxonômicos porque exibem número e localização relativamente fixos dentro de taxas específicos e variam entre taxas diferentes (Kato, 1976).

As espécies da seção *Zea*, em geral, apresentam bandas intercalares e algumas terminais, enquanto que nas espécies da seção *Luxuriantes*, todas as bandas localizam-se na região terminal dos cromossomos (Tito et al., 1991; Poggio et al., 2005). Além do mais, as diferenças variam em número, par cromossômico e braço cromossômico no qual estão localizados, o que somado representa 34 posições distintas onde os *knobs* podem estar localizados (Poggio et al., 2005).

Alguns autores têm sugerido uma correlação negativa entre o número e o tamanho de *knobs*. Entretanto, ainda se desconhecem as razões, causas ou mecanismos evolutivos que expliquem essas correlações (González et al., 2013). Também tem sido sugerido que os *knobs* estão sujeitos a ação da seleção natural e artificial e, portanto, adquirem valores adaptativos variáveis e se convertem em elementos muito importantes na evolução das espécies do gênero *Zea* (Kato et al., 1984).

Todas as subespécies da seção *Zea* apresentam *knobs* intersticiais e poucos ou nenhum *knob* terminal; entretanto, nas espécies da seção *Luxuriantes*, todos os *knobs* são terminais. O maior número de bandas heterocromáticas está presente em *Zea luxurians* e *Zea nicaraguensis* com a diferença que, nesta última, um par de cromossomos não apresenta *knobs* (Ellneskog-Staam et al., 2007).

As duas populações analisadas neste trabalho apresentaram o mesmo número e localização de *knobs* heterocromáticos. Todos os cromossomos apresentaram pelo menos um *knob* e em localização terminal. Estas características, assim como o elevado número de *knobs* observados (26 sítios), coincidem exatamente com os padrões heterocromáticos descritos para *Zea luxurians* por González & Poggio (2011), Ellneskog-Staam et al. (2007) e González et al. (2013).

A espécie *Zea luxurians* é endêmica do Sul da Guatemala (Bird, 1978; McClintock et al., 1981; Sanchez et al., 2011) e se distingue das demais espécies de teosinto por ter 13 posições de *knobs* cromossômicos terminais, nos seus 10 cromossomos normais. Em oposição, os teosintos endêmicos do México possuem 34 posições de *knobs* cromossômicos, sendo que 28 ocupam posições intercalares e seis ocupam posições terminais; possuem os cromossomos anormais 10I, 10 II e o cromossomo tipo B. O milho domesticado possui 21 *knobs* cromossômicos, sendo 18 intercalares e três terminais; também possui o cromossomo anormal 10I e o cromossomo tipo B (McClintock et al., 1981; Kato, 1984). Estas diferenças sugerem que as espécies de teosintos tem mantido um constante ritmo evolutivo desde antes do processo de domesticação.

Miranda-Colín (2000) considera que o aparecimento de *knobs* ocorreu de forma progressiva, a partir de zero *knobs*, determinando que a espécie *Zea luxurians* é mais antiga do que os teosintos mexicanos, por possuir menor número de *knobs*. Adicionalmente, os teosintos do México possuem o cromossomo anormal 10I e o cromossomo B,

também presentes no milho cultivado. Estas diferenças fortalecem a hipótese de que a Guatemala é o centro de origem primário do teosinto, com posterior dispersão e evolução no México (Miranda-Colín, 2000).

4.3 Introdução do teosinto no Sul do Brasil

No século XX, o teosinto (ainda classificado como *Euchlaena Mexicana*) foi introduzido em muitos países em função do seu potencial forrageiro, como no Sul dos Estados Unidos, Ilhas do Caribe, América do Sul, Índia e Paquistão (Relwni, 1968). Este processo coincide com os dados de passaporte dos acessos conservados nos bancos nacionais de germoplasma, que indicam a existência de introduções oficiais, algumas anteriores a 1930, que provavelmente permitiram os registros de Pio Corrêa.

Os agricultores dos municípios de Anchieta e Guaraciaba fazem uso do teosinto para forragem há pelo menos 64 anos. Este período é coincidente com o processo de colonização da região que foi intensificado na década de 1940 (Alves & Mattei, 2006) com a migração de descendentes de europeus vindos, sobretudo do Estado do Rio Grande do Sul (Woloszyn, 2008).

Provavelmente, o teosinto foi introduzido na região Sul do Brasil justamente pelo seu potencial forrageiro, acentuado por instituições que auxiliaram sua promoção para tal finalidade. Geralmente, introduções oficiais de um determinado germoplasma com uso específico, permitem sua rápida difusão para diversas regiões, com a manutenção do mesmo nome de origem, convergente com o fato de 90% dos agricultores denominarem o teosinto de *dente de burro*.

4.4 Por que conservar os parentes silvestres do milho fora do centro de origem?

As informações reportadas na literatura indicam que a distribuição do teosinto se restringe quase que exclusivamente a áreas tropicais e subtropicais do México, Guatemala, Honduras e Nicarágua (Sánchez et al., 2011). Fora dessas regiões as informações sobre sua distribuição e conservação são escassas.

Nos últimos levantamentos realizados no México foram mapeadas 268 populações de teosintos, distribuídas em 158 municípios

e 20 estados, revelando um cenário de erosão genética (Sánchez et al., 2013). Vários fatores têm sido relacionados com o desaparecimento do teosinto no México, dentre eles a abertura de caminhos e explorações florestais, degradação de ambientes naturais, substituição do cultivo de milho para outros mais rentáveis, perda de variedades locais de milho, crescimento populacional e urbanização das áreas agrícolas, estabelecimento de outras pastagens (Wilkes, 2007; Bedoya & Tóvar, 2010).

Este aspecto é ainda mais crítico considerando que os parentes silvestres do milho representam apenas 1,2% das coleções mantidas pelos bancos de germoplasma (Sánchez et al., 2013). No Brasil este cenário é ainda mais crítico; correspondem a menos de 0,2% das coleções de milho (França & Costa, 2010) e, não há acessos de teosinto coletados na região Sul do Brasil.

Do ponto de vista da conservação *in situ*, a primeira área protegida criada especialmente para promover a conservação de um parente silvestre do milho foi a Reserva da Biosfera na Sierra de Manantlán, nos Estados de Jalisco e Colima, no México, destinada à conservação da espécie *Zea diploperennis*, incluída na lista de espécies ameaçadas de extinção do México (Iltis & Benz, 2000; Kato et al., 2009). Os agricultores ainda são os principais responsáveis pela conservação dos parentes silvestres do milho.

Tanto a Convenção sobre Diversidade Biológica quanto o Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para Alimentação e Agricultura, dos quais o Brasil é signatário, estabelecem que os países devem promover a conservação *in situ* dos parentes silvestres das plantas cultivadas, inclusive em áreas protegidas, apoiando, entre outros, os esforços das comunidades indígenas e locais (CBD, 1992; ITPGRFA, 2009).

Nos municípios de Anchieta e Guaraciaba foram mapeadas 136 populações de teosinto, com a constatação da ocorrência da espécie *Zea luxurians*. Sua presença na região data há pelo menos 64 anos e sua conservação está associada ao seu uso como forrageira, principalmente para a produção de leite.

Este aspecto é importante, pois as características edafoclimáticas, de relevo e altitude do Extremo Oeste de Santa Catarina são distintas daquelas encontradas nos centros de origem, o que implica em novas combinações alélicas e, consequentemente, novas

possibilidades de adaptação, resistência ou tolerância a estresses bióticos e abióticos, com a possibilidade do surgimento de novas raças.

Com isso se estabelece um novo cenário para o Extremo Oeste de Santa Catarina: regiões que abarcam parentes silvestres em convivência simpátrica com a espécie cultivada (com evidências de fluxo gênico), sobretudo quando existe uma importante diversidade de variedades locais, devem ser determinadas como zonas de exclusão de cultivo de milho geneticamente modificado. Esta situação já existe no Brasil para a conservação dos parentes silvestres do algodão (Barroso et al., 2005).

O fluxo gênico entre milho e teosinto é considerado um mecanismo que incrementa ou gera diversidade como um processo natural na evolução do milho, conservado *in situ-on farm* pelos agricultores do Extremo Oeste de Santa Catarina. Entretanto, o fluxo gênico entre ambos deve ser analisado sob o ponto de vista da biossegurança de organismos geneticamente modificados, em função da expansão do milho transgênico na região, sobretudo do milho resistente a herbicida, enquanto contaminante dos teosintos de ocorrência espontânea. Tais fatos comprovam a inadequação de normas brasileiras de biossegurança para a coexistência entre milho transgênico e não transgênico (Instrução Normativa 4, Brasil 2007), que são baseadas apenas na recomendação de distâncias mínimas entre milho geneticamente modificado e não geneticamente modificado, uma vez que o teosinto pode estar sendo a espécie-ponte que viabiliza esse fluxo gênico indesejável.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitiu ampliar o conhecimento a respeito dos parentes silvestres do milho, no contexto brasileiro, uma vez que foram mapeadas 136 populações de teosinto e identificada a espécie *Zea luxurians*. Este aspecto coloca em relevância a necessidade de desenvolver futuros estudos que realizem a caracterização citogenética de um maior número de populações de teosinto, já que esta ferramenta foi determinante na identificação da espécie. É possível que outras espécies também estejam presentes na região estudada. Da mesma forma, estudos que comparem as populações de *Zea luxurians* do Extremo Oeste de Santa Catarina e de outros países (e outras espécies) podem contribuir para identificar se existem processos de domesticação,

formação de novas raças e sobre a diversidade de teosinto da região. Finalmente, é premente a necessidade a aplicação de testes para verificar se existe introgressão de transgenes nas populações de teosinto.

7. REFERÊNCIAS

- Alves PA, Mattei LF. Migrações no oeste catarinense: história e elementos explicativos. 2006. Available: http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP_2006_598.pdf. Accessed 26 November 2014.
- Araújo AA. Forragens de verão e outono. In: Araújo AA, editor. Forrageiras para ceifa, capineiras, pastagens, fenação e ensilagem. Porto Alegre: Sulina. 1972. pp.79-136.
- Bamberg JB, Hanneman RE. Calcium rich potatoes: it's in their genes. *Agri Res.* 2003;18-19.
- Barroso PAV, Freire EC, Amaral JAB, Silva MT. Zonas de Exclusão de Algodoeiros Transgênicos para Preservação de Espécies de *Gossypium* Nativas ou Naturalizadas. Comunicado Técnico 242. Aug 2005. Available: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/275941>. Accessed 10 February 2015.
- Bedoya CA, Továr, VC. Teocintle el ancestro de maíz. *Claridades Agropecuárias.* 2010, 201: 32-42.
- Benz BF, Sfnchez-Velasquez LR., Santana-Michel F. Ecology and ethnobotany of *Zea diploperennis*: preliminary investigations. *Maydica.* 1990;35: 85-98.
- Bioversity International. Descriptors for farmers' knowledge of plants. 2009. Available:http://www.bioversityinternational.org/index.php?id=244&tx_news_pi1%5Bnews%5D=1144&cHash=ba2b02e03b254da91041a192fafdc119. Accessed 2 December 2012.
- Bird RM. A name change for Central American teosinte. *Taxon.* 1978;27: 361-636.
- Bracco M, Lia VV, Gottlieb AM, Cámara-Hernandéz J, Poggio L. Genetic diversity in maize landraces from indigenous settlements of Northeastern Argentina. *Genetica.* 2009;135: 39-49.
- Bracco M, Lia VV, Hernández JC, Poggio L, Gottlieb AM. Genetic diversity of maize landraces from lowland and highland agro-

- ecosystems of Southern South America: implications for the conservation of native resources. *Ann Appl Biol.* 2012; 160: 1744-7348.
- Brasil (2007) Comissão Técnica de Biossegurança. Resolução Normativa nº 4, de 23 de Agosto de 2007. <http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/4687.html>. Accessed 5 July 2012.
- Brieger FG, Gurgel JTA, Paterniani E, Blumenchein A, Alleoni MR. Races of maize in Brasil and other estern South America Countries. 1st ed. Washington DC: National Academic of Sciens; 1958.
- Buckler ES, Goodman MM, Holtsford TP, Doebley JF, Sanchez J. Phylogeography of the wild subspecies of *Zea mays*. *Maydica*. 2006;51: 123–134.
- Cadima X, van Zonneveld M, Scheldeman X, Castañeda N, Patiño F, Beltran M, et al. Endemic wild potato (*Solanum* spp.) biodiversity status in Bolivia: Reasons for conservation concerns. *J Nature Conserv.* 2013;22: 113–131.
- CBD - Convention on Biological Diversity. 2006. Available: <http://www.cbd.int/convention/text>. Accessed 30 Ocutubre 2014.
- Costa FM, Silva NCA, Ogliari JB. Corn diversity in southern Brazil: indication of a microcenter of *Zea mays* L. (In press).
- Cuevas JAS, Miranda SC, Sahagún JC, Muñoz AO, Castillo FG. Evaluación experimental de la manufactura y calidad de tortillas elaboradas con frutos de teocintle. *Etnobiologia*. 2003;3: 42-65.
- Dejean S, González I, Kim-Anh LC. MixOmics: Omics data integration project. R package version. 2014. Available: <http://cran.r-project.org/>. Accessed 23 December 2014.
- Doebley J. The taxonomy and evolution of *Tripsacum* and teosinte, the closest relatives of maize. In: Gordon DT, Knoke JK, Nault LR, editors. *Proc. Intl. Maize Virus Disease Colloquium and Workshop*. The Ohio State University-Ohio Agricultural Research and Development Center. 1983. pp. 15-28.
- Doebley J. Unfallen grains: How ancient farmers turned weeds into crops. *Science*. 2006;312: 1318-1319.
- Doebley JF, Iltis HH. Taxonomy of *Zea* (Gramineae) I. A subgeneric classification with key to taxa. *Amer J Bot.* 1980;67: 982-993.

- Doebley JF. Molecular systematics of *Zea* (Gramineae). *Maydica*. 1990;35: 143-150.
- Doebley JF. The genetics of maize evolution. *Annu Rev Genet*. 2004;38: 37-59.
- Ellneskog-Staam P, Loiasiga CH, Merker A. Chromosome C-banding of the teosinte *Zea nicaraguensis* and comparison to other *Zea* species. *Hereditas*. 2007;144: 96-101.
- França F, Costa FM. Caracterização dos recursos genéticos de milho. Comunicado Técnico 185. Dez 2010. Available: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/883797>. Accessed 5 November 2014.
- Fukunaga K, Hill J, Vigouroux Y, Matsuoka Y, Sánchez JG, Liu K, et al. Genetic diversity and population structure of teosinte. *Genetics*. 2005;169: 2241-2254.
- González GE, Fourastié MF, Poggio L. Relevancia del número y composición de secuencias de los nudos cromosómicos en la caracterización de maíz y teocintle. *Rev. Fitotec. Mex*. 2013;36: 127-135.
- González GE, Poggio L. Karyotype of *Zea luxurians* and *Z. mays* subsp. *mays* using FISH/DAPI, and analysis of meiotic behavior of hybrids. *Genome*. 2011;54: 26-32.
- González-Sánchez M, González-González E, Molina F, Chiavarino AM, Rosato M, Puerta MJ. One gene determines maize B chromosome accumulation by preferential fertilisation; another gene(s) determines their meiotic loss. *Heredity*. 2003;90: 122-129.
- Grobman A, Bonavia D, Dillehay TD, Piperno DR, Iriarte J, Holst I. Pre-ceramic maize from Paredones and Huaca Prieta, Peru. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2012;109: 1755–1759.
- Heywood V, Casas A, Ford-Lloyd B, Kell S, Maxted N. Conservation and sustainable use of crop wild relatives. *Agric Ecosyst Environ*. 2007;121: 245–255.
- Hijmans RJ, Cruz M, Rojas E, Guarino L, Franco TL. Diva-GIS versión 1.4. Un Sistema de Información Geográfica para el manejo y análisis de datos sobre Recursos Genéticos. Lima: Centro Internacional de la Papa; 2001.
- Iltis HH, Benz BF. *Zea nicaraguensis* (Poaceae), a new neosinte from pacific coastal Nicaragua. *Novon*. 2000;10: 382-390.

- Iltis HH, Doebley JF. Taxonomy of *Zea* (Gramineae) II. Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis. *Amer J Bot.* 1980;67: 994-1004.
- Iltis HH. Homeotic sexual translocations and the origin of maize (*Zea mays*, Poaceae): a new look at an old problem. *Econ Bot.* 2000;54: 7-42.
- ITPGRFA - International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization. 2009. Available: <http://www.planttreaty.org/content/texts-treaty-official-versions>. Accessed 30 Octubre 2014.
- Jarvis A, Lane A, Hijmans RJ. The effect of climate change on crop wild relatives. *Agric Ecosyst Environ.* 2008;126: 13-23.
- Kato TA, Mapes C, Mera LM, Serratos JA, Bye RA. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. 1st ed. México: Universidad Autónoma de México; 2009.
- Kato TA. Chromosome morphology and the origin of maize and its races. *Evol Biol* 1984;17: 219-253.
- Kato TA. Cytological studies of maize (*Zea mays* L.) and teosinte (*Zea mexicana* Schrader Kuntze) in relation to their origin and evolution. *Mass Ag Exp Sta Bull.* 1976;635: 1-186.
- Kovacs MIP, Howes NK, Clarke JM, Leisle D. Quality characteristics of durum wheat lines deriving high protein from *Triticum dicoccoides* (6b) substitution. *J Cereal Sci.* 1998;27: 47-51.
- Loiasiga CH, Benavides A, Oscar Rocha O, Brantestam AA, Geleta M, Salomon B, Merker A. Morphological characterization of the Meso-America teosintes. *J of Medical Research and Sci.* 2012;2: 29-44.
- Matsuoka Y, Vigouroux Y, Goodman MM, Sánchez JJ, Buckler E, Doebley J. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc Natl Acad Sci.* 2002;99: 6080-6084.
- Maxted N, Ford-Lloyd, BV, Jury SL, Kell SP, Scholten MA. Towards a definition of a crop wild relative. *Biodivers Conserv.* 2006;15: 2673-2685.
- McClintock B, Kato Y, Blumenschein A. Chromosome constitution of races of maize. Its significance in the interpretation of relationships between races and varieties in the Americas. 1st ed. Madison: University of Wisconsin; 1981.

- Meilleur BA, Hodgkin T. In situ conservation of crop wild relatives: status and trends. *Biodivers Conserv*. 2004;13: 663–684.
- Miranda MR. Aspectos etnobotánicos, ecológicos, distribución geográfica y potencial forrajero del teocintle (*Zea mays* L. subsp. *parviglumis* Iltis & Doebley) en el estado de Jalisco. D.Sc. Thesis, Universidad de Guadalajara. 2000. Available: <http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5152>.
- Miranda-Colín S. Mejoramiento genético del maíz en la época prehispánica. *Agri Téc Méx*. 2000;26: 3-15.
- Mondragon-Pichardo J, Vibrans H. Ethonobotany oh the Balsas Teosinte. *Maydica*. 2005;50: 123-128.
- Muñoz-Orozco A. Centli-maíz: prehistoria e historia, diversidad, potencial, origen genético y geográfico. 1st ed. Montecillos: Colegio de Posgraduados; 2003.
- Paterniani E, Goodman MM. Races of maize in Brazil and adjacent areas. 1st ed. Mexico: CIMMYT; 1977.
- Pio-Corrêa M. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Brasília: Ministério da Agricultura, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal; 1984.
- Piperno DR, Flannery KV. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: new accelerator mass spectrometry dates and their implications. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2001;98: 2101-2103.
- Poggio L, González G, Confalonieri V, Comas C, Naranjo CA. The genome organization and diversification of maize and its allied species revisited: evidences from classical and FISH-GISH cytogenetic analysis. *Cytogenet Gen Res*. 2005;109: 259- 267.
- Poggio L, Rosato M, Chiavarino M, Naranjo CA. Genome size and environmental correlations in maize. *Ann Bot*. 1998;82:115-117.
- Relwni LL. Teosinte (*Euchlaena mexicana* Schard.) a fodder crop for warm and humid tropic. *Ind Dairyman*. 1968;20: 61-66.
- Sánchez JAC. Domesticación inicial del maíz: evaluación experimental de algunos móviles. D.Sc. Thesis, Colegio de Postgraduados. 2004. Available: <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=COLPOS.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=036903>

- Sánchez G JJ, De La Cruz LL, Vidal MVA, Ron PJ, Taba S, Santacruz-Ruvalcaba, et al. Three new teosintes (*Zea* spp., Poaceae) from México. *Am J Bot*. 2011;98: 1537-48.
- Tito C, L Poggio, Naranjo CA. Cytogenetics studies in the genus *Zea*: DNA content and heterochromatin in species and hybrids. *Theor Appl Genet*. 1991;83: 58-64.
- Vibrans H, Estrada JGF. Annual teosinte is a common weed in the Valley of Toluca, Mexico. *Maydica*. 1998;43: 327-332.
- Wang L, Yang A, He C, Qu M, Zhang J. Creation of new maize germoplasm using alien introgression from *Zea mays* ssp. *mexicana*. *Euphytica*. 2008;164: 789-801.
- Wilkes HG. Teosinte: the closest relative of maize. Cambridge: Harvard University; 1967.
- Wilkes HG. Urgent notice to all maize researchers: disappearance and extinction of the last wild teosinte population is more than half completed. A modest proposal for teosinte evolution and conservation in situ: the Balsas, Guerrero, Mexico. *Maydica*. 2007;52: 49-70.
- Woloszyn N. Em busca da terra: colonização e exploração de madeiras no Oeste Catarinense. 2008. Available: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000165&pid=S0101-8108200800030000700011&lng=es. Accessed 28 November 2014.

CAPÍTULO III

Conservação *in situ-on farm* de milho pipoca no Extremo Oeste de Santa Catarina

RESUMO

Estudos sobre o *status* da conservação *in situ-on farm* são escassos no Brasil. A maior parte das pesquisas ainda tem se concentrado em caracterizar e analisar a diversidade conservada *ex situ*. A região do Extremo Oeste de Santa Catarina tem sido caracterizada por apresentar uma importante diversidade de variedades locais de milho, sobretudo de milho pipoca, conservado principalmente pelas mulheres. O objetivo do estudo foi caracterizar a conservação *in situ-on farm* de milho pipoca dos municípios de Anchieta e Guaraciaba. Foram entrevistadas 244 agricultoras, no período de janeiro a julho de 2013, a partir das quais foram obtidas informações sobre as variedades locais, as estratégias de manejo, as redes de intercâmbio de sementes e os processos de perda de diversidade. Os dados foram analisados mediante estatísticas descritivas e a diversidade foi mensurada pelo número de variedades, pelo Índice de Diversidade de Shannon (H'), estimado a partir de seis características fenotípicas, e pelo número e diversidade de nomes locais. Foi obtida a densidade das redes de intercâmbio de sementes, com o intuito de verificar seu nível de fragmentação. Foram mapeadas 403 variedades e 27 nomes locais. Os valores estimados de H' indicaram que as variedades apresentaram variabilidade quanto às características estudadas. A característica *cor de grão* foi a base da taxonomia local. Foram identificados 16 critérios de seleção, sendo que os três principais foram *espigas bonitas*, *arranjo de fileiras* e *forma do grão*. O valor da densidade da rede foi de 0,4, indicando elevada fragmentação. Entretanto, os processos de trocas de sementes ainda permanecem ativos, caracterizados, sobretudo, pelas relações de vizinhança. Das causas associadas aos processos de erosão genética, apenas três explicaram 84% das perdas. A diversidade de milho pipoca está associada à dinâmica que as agricultoras estabelecem no manejo de suas variedades, aos métodos de armazenamento, a avaliação de sementes após a colheita com seleção para a próxima safra, aos fluxos constantes de sementes que compensam as perdas e ao uso tradicional na alimentação.

Palavras-chaves: conhecimento local, diversidade fenotípica, erosão genética, nomes locais, recursos genéticos, redes de intercâmbio de sementes.

ABSTRACT

Studies about the status of *in situ* conservation *on farm* are scarce in Brazil. Most research also has focused on characterizing and analyzing the diversity conserved *ex situ*. The region of the Far West of Santa Catarina has been characterized by presenting a great diversity of local corn varieties, especially popcorn, preserved mainly by women. The aim of the study was to characterize the popcorn *in situ* conservation *on farm* in municipalities of Anchieta and Guaraciaba. 244 farmers were interviewed in the period from January to July 2013, from which information on local varieties were obtained, management strategies, seed exchange network and the processes of loss of diversity. Data were analyzed using descriptive statistics. The diversity was measured by the number of varieties, by the Shannon Diversity Index (H'), estimated from six phenotypic characteristics, and the number and diversity of local names. The density of seed exchange network was obtained in order to check their level of fragmentation. 403 varieties and 27 local names have been mapped. The estimated values of H' indicated that the varieties showed variability for the studied traits. The characteristic grain color was the basis of the local classification. 16 selection criteria were identified, and the top three were *beautiful ears*, *arrangement of lines* and *shape of the grain*. The value of the seed exchange network density was 0.4, indicating high fragmentation. However, seed exchange processes are still active, characterized mainly by neighborly relations. The causes associated with genetic erosion, only three explained 84% of the losses. The diversity of popcorn is associated with the dynamic that farmers establish in the management of its varieties, the storage methods, evaluation of seeds after harvest with selection for the next harvest, the constant flow of seeds that make up the losses and use in traditional food.

Keywords: local knowledge, phenotypic diversity, genetic erosion, local names, genetic resources, seed exchange network.

1. INTRODUÇÃO

A conservação dos recursos fitogenéticos tem sido abordada por meio de duas estratégias principais: a conservação *ex situ* e *in situ*. Segundo as definições da Convenção sobre Diversidade Biológica (Brasil, 2000), a “conservação *ex situ* significa a conservação de componentes da diversidade biológica fora de seus habitats naturais”; e a conservação *in situ* significa a “conservação de ecossistemas e habitats naturais, a manutenção e recuperação de populações viáveis de espécies em seus meios naturais e, no caso de espécies domesticadas ou cultivadas, nos meios onde tenham desenvolvido suas propriedades características” (Brasil, 2000). Neste último caso, a conservação é denominada *in situ-on farm* e tem se focado fundamentalmente na manutenção da diversidade pelos agricultores, que promovem além da diversidade inter e intraespecífica, a conservação da paisagem agrícola, dos agroecossistemas, das práticas de manejo local e de conhecimentos associados (Jarvis et al., 2000).

Ao longo das últimas décadas, a comunidade científica tem reconhecido que a maioria absoluta dos recursos fitogenéticos está conservada, manejada e melhorada por agricultores, motivo pelo qual tanto a CDB, em seu Artigo 8j, quanto o Tratado Internacional sobre os Recursos Fitogenéticos para Alimentação e para Agricultura (Brasil, 2008), em seus Artigos 6 e 9, reconhecem sua importância e buscam mecanismos para apoiá-la.

Entretanto, a conservação *ex situ*, representada principalmente pelos bancos de germoplasma, ainda é dominante em termos de recursos e pesquisas. A própria CDB estabelece que a conservação *ex situ* destina-se a complementar a conservação *in situ*, pois ambas as estratégias apresentam vantagens e desvantagens específicas (Maxted et al., 1997).

A importância da conservação *in situ-on farm* tem sido destacada pela comunidade científica por cinco razões principais. Em primeiro lugar, esta estratégia de conservação requer a participação ativa de agricultores no processo de manutenção da diversidade (Brush, 1995) e também nas tomadas de decisões (Brasil, 8j, 2000). Em segundo lugar, ela permite a continua evolução dos componentes da diversidade (Louette et al., 1997; Jarvis et al., 2000), proporcionando a adaptação de espécies e variedades às mudanças das condições ambientais. Em terceiro lugar, esta estratégia de conservação está associada à segurança

alimentar e à produção sustentável de alimentos, já que culturas adaptadas possuem menos dependência de insumos externos, como fertilizantes químicos e agrotóxicos (Altieri & Koohafkan, 2008). Em terceiro lugar, a conservação *in situ-on farm* garante a manutenção de aspectos culturais, do conhecimento local e de tradições (Cox, 2000; Maffi, 2002). Por último, este mecanismo de conservação permite a manutenção de componentes ativos da dinâmica local, como as redes de intercâmbio de sementes (Bellon, 2004; Zimmerer, 2003).

Apesar do reconhecimento sobre a importância da conservação *in situ-on farm*, poucos estudos analisaram como a diversidade de milho é realmente mantida nos campos dos agricultores, sobretudo no Brasil. Os esforços para organizar a informação do que é mantido pelos agricultores têm sido limitados pela falta de conhecimento dos padrões de diversidade regional (Perales & Golicher, 2014). Se a diversidade é uma opção para apoiar os agricultores em suas necessidades agrícolas, é importante identificar áreas em que esta ocorra em abundância, incluindo aquelas em que as variedades locais têm capacidade para adaptar-se às condições de ambientes específicos.

Nesse contexto, na região do Extremo Oeste de Santa Catarina, a maior parte da diversidade de milho é explicada pelo elevado número de variedades locais, sobretudo, de milho pipoca, cuja conservação é realizada quase em sua totalidade pelas mulheres.

O grau de variabilidade alcançado pelo milho é tal que, em cada nicho ecológico ou microrregião em que essa espécie é cultivada, é possível definir um padrão varietal específico. Este termo é usado para conceituar um conjunto de variedades desenvolvidas e manejadas por agricultores para enfrentar diferentes condições ambientais e para responder às suas necessidades particulares (Gil-Muñoz et al., 2004).

A existência de padrões varietais é particularmente evidente nas zonas com um marcado predomínio da agricultura familiar (Gil-Muñoz et al., 2004), em que um elemento característico constitui a utilização de variedades locais, as quais desempenham um papel central na soberania e segurança alimentar e constituem parte dos aspectos sócio-culturais (Bellon et al., 2003).

Em função desse aspecto, ampliar o conhecimento sobre a atual diversidade de milho pipoca na região do Extremo Oeste de Santa Catarina torna-se necessário, para compreender as estratégias de conservação e manejo realizadas pelas agricultoras. Diante desse contexto, parte-se das seguintes perguntas: Como é mantida a

diversidade? Quais fatores influenciam na conservação *in situ-on farm*? Existem processos de perda de diversidade?

Estas perguntas são chaves para conhecer como a conservação é realizada no campo dos agricultores, com o intuito de tornar a conservação *in situ-on farm* menos abstrata no campo científico, a partir do momento em que esta é registrada e sistematizada. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi caracterizar a conservação *in situ-on farm* de milho pipoca, na microrregião do Extremo Oeste de Santa Catarina.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Diagnóstico da Diversidade

O *Diagnóstico da Diversidade* consistiu em uma abordagem metodológica desenvolvida na presente pesquisa, a partir das informações geradas pelo *Censo da Diversidade*, com o objetivo de caracterizar as estratégias de conservação e manejo da diversidade de milho pipoca, baseada em uma amostra de agricultoras dos municípios de Anchieta e Guaraciaba. Esta presente pesquisa foi direcionada às agricultoras, por considerar que elas são as principais responsáveis pela conservação do milho pipoca (Capítulo I).

Com base nisso, o tamanho amostral foi definido pela estratégia de amostragem estratificada Partilha Ótima (Neyman, 1938), considerando o número total de agricultoras que conservam variedades locais de milho pipoca (Tabela 1). Adotou-se como variável de estratificação a classe fundiária, por considerar que as estratégias de conservação e manejo poderiam variar de acordo com o nível socioeconômico das agricultoras. O tamanho de amostra usado no *Diagnóstico da Diversidade* foi constituído por 244 agricultoras. Após a definição do tamanho da amostra, foram selecionadas as agricultoras participantes da pesquisa, por meio de sorteio aleatório, realizado com o auxílio do programa estatístico SPSS 2.2 (SPSS, 2009).

Tabela 1. Número de agricultoras mantenedoras de variedades locais de milho pipoca de Anchieta e Guaraciaba* e tamanho de amostra para o *Diagnóstico da Diversidade* pelo método de amostragem estratificada Partilha Ótima.

Classe fundiária (ha)	<i>Censo da Diversidade*</i>	<i>Diagnóstico da Diversidade</i>
até 5	94	33
5,01-10	140	48
10,01-15	175	61
15,01-20	100	35
20,01-30	108	32
maior que 30	99	35
Total	716	244

*Dados obtidos do *Censo da Diversidade*.

Os dados foram coletados a partir de entrevistas semi-estruturadas, baseadas em grupos de perguntas focadas em seis eixos temáticos (Apêndice 4): 1) identificação da informante local e caracterização da propriedade; 2) identificação e caracterização das populações locais de milho pipoca conservadas na propriedade (características morfológicas, origem, tempo de conservação pela família, tempo de cultivo na propriedade e valores associados aos usos e preferências); 3) identificação das estratégias de manejo local (do plantio ao armazenamento); 4) identificação das estratégias e critérios de seleção e melhoramento genético, 5) identificação e caracterização das redes de intercâmbio de sementes e; 6) identificação dos processos e causas de erosão genética.

Para a validação do questionário, inicialmente foram entrevistados 10 agricultores, para verificar o tempo de realização da entrevista e para ajustar algumas questões, principalmente com respeito a sua compreensão pelo público alvo da entrevista. O *Diagnóstico da Diversidade* propriamente dito foi realizado no período de janeiro a julho de 2013.

Durante as entrevistas, foi realizada a coleta do germoplasma local, com o intuito de formar uma coleção de trabalho para o desenvolvimento de outras pesquisas. O material coletado consistiu de espigas e sementes; a quantidade variou conforme a disponibilidade na ocasião da coleta. No total, foram coletadas 174 variedades locais de milho pipoca dos municípios de Anchieta e Guaraciaba (Apêndice 5).

Para cada variável, foi realizada análise exploratória e inferência dos dados por meio de estatísticas descritivas, conforme o

número de observações que apresentaram dados completos. As variáveis foram categorizadas, quando pertinente.

2.2 Análise da diversidade fenotípica

A caracterização da diversidade foi realizada com base na análise descritiva das variáveis *cor de grão*, *forma do grão*, *forma da espiga*, *arranjo de fileiras na espiga*, *prolificidade* e *ciclo de produção*. Estas variáveis foram incluídas previamente no questionário. Como ferramenta auxiliar para caracterizar a diversidade de milho pipoca, foram utilizadas no momento das entrevistas imagens referentes aos descritores do milho (França & Costa, 2010), caso as agricultoras não tivessem amostras de espigas para visualização.

A diversidade foi estimada com base no Índice de Diversidade de Shannon (Shannon, 1948) para cada uma das variáveis, tomando como base as respectivas proporções de cada variedade, em cada classe da variável analisada, conforme a equação:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i, \text{ em que,}$$

p_i é a frequência relativa da variedade i na amostra, calculado por $p_i = n_i/N$, sendo n_i o número de variedades diferentes dentro da classe i da variável; e N é o número total de variedades com dados completos. O mapa da distribuição espacial das variedades locais foi gerado a partir da base cartográfica dos municípios de Anchieta e Guaraciaba disponível na plataforma Mapoteca Topográfica Digital de Santa Catarina (<http://ciram.epagri.sc.gov.br/mapoteca/>), em *shapefile*, Dátum SAD69 e escala 1:50.000.

2.3 Redes de intercâmbio de sementes

Para caracterização e análise das redes de intercâmbio de sementes foi considerado o período de 2011 a 2013. Este recorte temporal foi determinado considerando o ano de início do *Censo da Diversidade* e o ano do término do *Diagnóstico da Diversidade*. As redes foram identificadas a partir da seguinte pergunta: *para quem já forneceu esta variedade crioula (nome para que doou, comunidade/instituição, município/estado, quantidade e ano)?* Foi analisado o número de variedades locais doadas e recebidas, suas

características quanto à cor de grão e, número de agricultoras e/ou instituições que receberam sementes.

Com base nessas informações foi obtida uma matriz quadrática, cujos *nós* ou *atores* corresponderam às agricultoras e/ou instituições. As interações foram determinadas com base na ausência ou presença de fluxo, zero e um, respectivamente. Foi estimada a densidade da rede dividindo o número de relações existentes (RE) pelas possíveis interações (RP), multiplicado por 100: $[D = RE/RP \times 100]$. O total das relações possíveis foi calculado multiplicando o número total de nós (NTN) pelo número total de nós menos um: $[RP = NTN \times (NTN - 1)]$. A densidade da rede é um indicador de alta ou baixa conectividade da mesma. Dessa forma, quanto maior a densidade maior é a conectividade da rede e, portanto, menos fragmentada. A representação gráfica foi realizada por meio dos programas UCINET (Borgatti et al., 2006) e NETDRAW (Borgatti, 2006), agregando como atributo da rede o número de variedades doadas por agricultora e/ou instituição.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As 244 agricultoras entrevistadas conservaram em conjunto 403 variedades locais de milho pipoca. O número mínimo por agricultora foi de uma e o máximo de quatro, sendo que 53% conservaram uma única variedade e 47% mais de duas variedades. Das 403, 56% foram mapeadas em 34 comunidades do município de Guaraciaba e 44% em 25 comunidades do município de Anchieta (Figura 1).

De acordo com a caracterização fenotípica foram identificadas sete cores de grão – *Branco*, *Alaranjado*, *Amarelo*, *Multicolorido*, *Preto* ou *Azul*, *Roxo* e *Vermelho*. O maior percentual foi observado para a cor de grão *Branco*, com 41%. O segundo grupo em importância foi *Alaranjado* (18%), seguido de *Amarelo* (16%) e *Azul* ou *Preto* (15%).

Para a forma do grão, verificou-se que 56% apresentaram grão *Liso* e 41% *Pontigudo*. Apenas 3% apresentaram ambas as formas na mesma espiga ou em espigas diferentes. No que diz respeito à forma da espiga, mais da metade das variedades foram caracterizadas como *Cônicas* (56%). O segundo grupo em importância foi *Cilíndrica*, com 27%. Os demais grupos, *Cônica-cilíndrica* e *Redonda*, compreenderam em conjunto 17%.

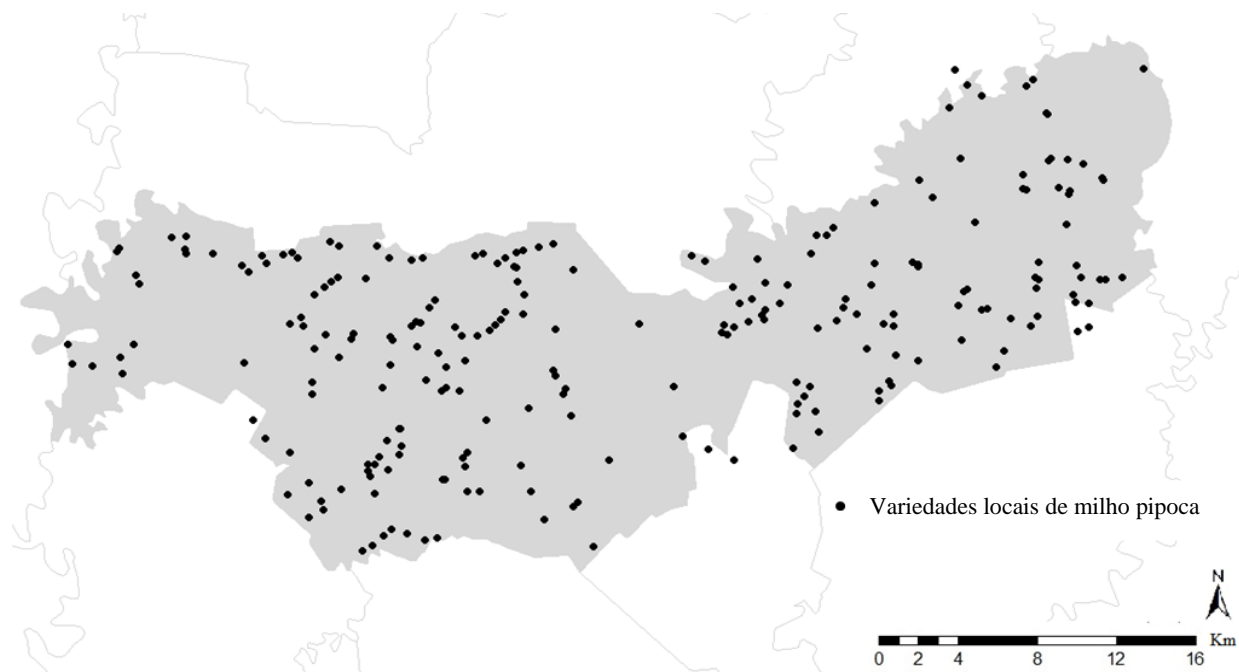


Figura 1. Distribuição espacial de 403 variedades locais de milho pipoca nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.

Em relação ao arranjo de grãos nas fileiras, o maior percentual foi observado para a característica *Reto ou levemente recurvado* (78%); 15% apresentaram arranjo em *Espiral* e apenas 6% *Entrelaçado*. Para prolificidade, verificou-se que 66% das variedades foram indicadas como altamente prolíficas, com produção de duas a três espigas por planta. Para o ciclo de produção, foram observados três grupos, segundo o nível de precocidade expresso em meses: a) Grupo I ($\geq 3 < 5$), com 44%; b) Grupo II ($\geq 5 < 6$), com 41% e; Grupo III (≥ 6 meses), com apenas 10%. As características fenotípicas cor de grão, forma de grão, forma da espiga e arranjo de fileiras na espiga podem ser observadas na Figura 2.



Figura 2. Características fenotípicas das variedades locais de milho pipoca conservadas *in situ-on farm* nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.

Os valores estimados do Índice de Shannon (H') para cor de grão, forma de grão, forma da espiga, arranjo dos grãos na fileira, prolificidade e ciclo de produção foram de 1,5; 0,8; 0,9; 0,6; 1,0; 0,9, respectivamente. O valor médio de H' para as seis características fenotípicas foi de 0,95.

A escassez de estudos sobre a diversidade de milho em outras regiões do Brasil, sobretudo de milho pipoca, dificulta a comparação dos resultados obtidos para os municípios de Anchieta e Guaraciaba. Entretanto, o número de populações locais identificado na região pode ser considerado um indicador de diversidade (Sthapit et al., 2006).

Comparando a diversidade presente nos municípios de Anchieta e Guaraciaba com o número de acessos de milho pipoca mantido pela EMBRAPA verificou-se que dos 2.812 acessos que foram caracterizados quanto ao tipo de endosperma, 191 possuem endosperma pipoca. Desse total, apenas quatro foram coletados na região, que atualmente corresponde aos municípios de Anchieta e Guaraciaba (<http://alelobag.cenargen.embrapa.br/AleloConsultas/Passaporte/banco.do?idi=35>).

As diferenças observadas entre as estratégias de conservação evidenciaram que a conservação *in situ-on farm* é, atualmente, a principal responsável pela manutenção da diversidade de milho pipoca do EOSC, em função do pequeno número de acessos mantido *ex situ*. Mesmo considerando a amostra de agricultoras entrevistadas, que correspondeu a 30% do total, o número de populações mapeadas (403) manteve-se expressivo (Figura 1).

A falta de representatividade do que está no campo das agricultoras nas coleções *ex situ* não é um aspecto particular do milho pipoca. Soleri & Smith (1995), estudando as características fenotípicas da raça de milho *Hopi*, identificaram diferenças entre as populações conservadas pelos agricultores do México e os acessos conservados *ex situ*.

Rice et al. (2006) também verificaram que a coleção da raça *Jala*, mantida pelo Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT), não é representativa da diversidade mantida pelos agricultores do Estado de Nayarit, no México.

Na presente pesquisa, o número milho pipoca estudado foi 100 vezes superior ao número de acessos coletado na mesma região deste estudo e mantido pela Embrapa desde 1978. Este resultado ainda é mais crítico considerando que o número de populações mapeadas representou

uma amostra da diversidade presente nos municípios de Anchieta e Guaraciaba. Após quase 40 anos, fica evidente de que a diversidade que surgiu ou se adaptou na região não estaria conservada se não fosse pelas agricultoras.

Esta diversidade está presente na região há pelo menos 60 anos, sendo que este foi o tempo máximo que uma variedade está sendo cultivada na mesma propriedade, para a amostra de 403 populações. O tempo mínimo e médio foi de um e 11 anos, respectivamente. Considerando a conservação de uma variedade pela mesma família, verificou-se que o tempo mínimo, médio e máximo foi de um, 15 e 100 anos, respectivamente.

O tempo máximo de conservação na mesma propriedade (60 anos) é coincidente com o processo de colonização da região Oeste de Santa, que foi intensificado na década de 1940 (Alves & Mattei, 2006), com a migração de descendentes de europeus vindos, sobretudo do Estado do Rio Grande do Sul (Woloszyn, 2008). Durante este processo, as agricultoras trouxeram consigo sementes de milho pipoca (e de outras espécies), fato coerente com o tempo máximo identificado na categoria *na família*, que correspondeu a 100 anos.

A conservação da pipoca por pelo menos 60 anos na região está associada às tradições familiares e ao lazer, uma vez que a pipoca é consumida e utilizada como entretenimento *em dias de chuva, com chimarrão e para oferecer para as visitas*, como mencionado pelas agricultoras. Este aspecto é concordante com os resultados encontrados no Capítulo I sobre os valores associados aos usos e preferências do milho pipoca. As autoras identificaram que a categoria *Gastronômica* apresentou a maior frequência (88%) em relação às demais, o que confirma a expressiva participação do milho pipoca na cultura alimentar das famílias.

Um caso interessante sobre perda de diversidade de milho pipoca pela falta de uso foi observado por Vázquez et al. (2014), no México. Os autores verificaram que a raça *Palomero Toluqueño* está ameaçada de extinção, em função do seu baixo uso na elaboração de pipoca. Com o objetivo de promover sua conservação *in situ-on farm*, os autores avaliaram juntamente com os agricultores de Toluca, região de origem dessa raça, o potencial de uso do *Palomero Toluqueño* para outros fins, como o aproveitamento de colmos, folhas e sabugos, para a produção de silagem, edos grãos para alimentação de aves. Esta raça possui uma importante contribuição no processo de domesticação e

evolução do milho (Contreras et al., 2006) e, por isso, existe a preocupação por parte da comunidade científica em conservá-la, sobretudo no seu local de origem.

Na América do Sul, o consumo de pipoca é milenar. Em Paredones e Huaca Prieta, Costa do Peru, foram identificados registros arqueológicos de milho pipoca que dataram de 6.775 - 3.504 anos, antes do presente (Grobman et al., 2012), indicando que populações humanas daquela época já consumiam milho na forma de pipoca. No Brasil, seu consumo é anterior ao processo de colonização. Dentre as etnias indígenas que habitam/habitaram o território brasileiro, aparentemente somente os *Guaranis* cultivavam e consumiam pipoca (Brieger et al., 1958; Paterniani et al., 1977). Esse patrimônio genético e cultural foi herdado pelas gerações de agricultoras de Anchieta e Guaraciaba; seu uso tradicional explica a diversidade presente na região.

3.1 Nome local como indicador de diversidade

Conforme a Figura 3, foram identificados 25 nomes locais diferentes e um pequeno conjunto de variedades sem denominação. Os cinco nomes que apresentaram o maior número de populações foram *Branca* (131), *Amarelinha* (63), *Amarela* (52), *Pretinha* (51) e *Branquinha* (24). Estes resultados coincidem com o padrão varietal da diversidade para cor de grão.

Os nomes *Ângela*, *Arroz*, *Composta*, *Dente de alho*, *Jardim*, *Precoce*, *Rosa baiana* e *RS20* podem ser considerados raros, por apresentarem uma única população. Os nomes *Azulzinha* e *Criança* foram exclusivos do município de Guaraciaba e da mesma comunidade (Linha Ferreira). Com exceção destes dois últimos, os demais foram similares em ambos os municípios, o que pode ser explicado pela proximidade geográfica entre os municípios de Anchieta e Guaraciaba (37,4 km).

Os nomes locais identificados foram agrupados de acordo com as características que remetem: a) aos atributos do grão como cor, tamanho e forma do grão (*Amarela*, *Amarelinha*, *Arroz*, *Azulzinha*, *Branca*, *Branquinha*, *Dente de alho*, *Preta*, *Pretinha*, *Pintadinha*, *Roxa*, *Roxinha*, *Vermelha*, *Vermelhinha*,); b) aos valores adaptativos como o ciclo (*Precoce*); c) a origem genética (*Ângela*, variedade desenvolvida pela Embrapa e, *Composta*, *Híbrida*, *RS20*); d) a pessoa que conserva ou consome (*Criança*, *Rosa baiana*); e) ao local de cultivo (*Jardim*) e aos

nomes genéricos como *Comum*, *Crioula* e *Pipoca*, que geralmente são utilizados para distinguir variedades locais de cultivares híbridos.

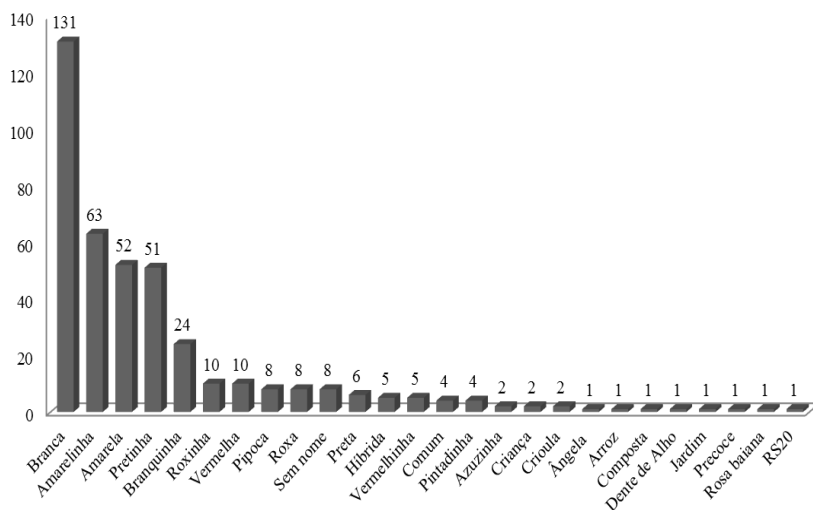


Figura 3. Número de variedades correspondente aos nomes locais de milho pipoca dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.

Os diferentes grupos identificados são concordantes com a análise realizada por Emperaire (2005), que aponta o nome local como um atributo intrínseco da variedade, refletindo uma identidade, uma história e uma filiação. Pelo nome, diferenciam as variedades consideradas como locais ou patrimoniais das variedades introduzidas ou exóticas.

As populações indígenas *Guaranis* denominavam suas variedades de pipoca de *Avati Pichingá* e *Avati Pinchigá Ihú* (Briger et al., 1958; Paterniani & Goodman, 1977), denominação adotada na classificação de raças de pipoca do Brasil. A palavra *Pichingá* significa *pipoca* (Sauhuana & Machado, 1999). Não obstante, nenhum dos nomes identificados neste estudo correspondem ou fazem inferência à denominação indígena Guarani.

Pelo fato do maior número de variedades (366) ter apresentado nomes que remetem à cor de grão, esta característica pode ser considerada a principal base da classificação das agricultoras, constituindo um importante marcador (Bellon et al., 2003) para caracterizar a diversidade. Este aspecto foi concordante com o fato da

maior variabilidade ter sido observada para a característica cor de grão ($H'=1,5$).

Com o intuito de verificar se o nome local pode ser considerado um indicador de diversidade, foi estimado o H' para o conjunto das características cor de grão, forma do grão, forma da espiga, arranjos dos grãos nas fileiras, prolificidade e ciclo de produção. Para esta análise, foi considerado os nomes com mais de duas populações.

Os nomes locais apresentaram variabilidade conforme os valores médios do H' (Tabela 2). As variedades denominadas *Vermelha* e *Híbrida* apresentaram a maior e menor diversidade, com H' médio de 0,92 e 0,42, respectivamente. As variedades com nomes genéricos como *Pipoca* e *Comum* apresentaram moderada diversidade com 0,68 e 0,50, respectivamente.

Analisando as características fenotípicas em separado, verificou-se que as variedades com maiores valores de H' para *cor de grão*, *forma de grão*, *forma da espiga*, *arranjo de fileiras na espiga*, *prolificidade* e *ciclo de produção* foram *Pipoca* (1,21), *Pintadinha* (1,04), *Roxinha* (1,27), *Vermelha* (0,80), *Pretinha* (1,14) e *Pintadinha* (1,04), respectivamente.

A variedade que apresentou a menor diversidade para ciclo de produção foi *Preta* com H' de 0,44; para forma do grão e prolificidade foi *Amarela* com H' de 0,43 e 0,53, respectivamente. As variedades *Comum* e *Híbrida* não apresentaram variabilidade quanto à forma da espiga e arranjo de fileiras na espiga; as variedades *Pipoca* e *Vermelhinha* não apresentaram variabilidade para arranjo de fileiras na espiga e; a variedade denominada *Preta* não apresentou variabilidade quanto à cor de grão.

Estudos realizados por Ogliari et al. (2007) identificaram três variedades denominadas Amarelão, no município de Anchieta que eram distintas entre si para um conjunto de 19 características quantitativas. Estes autores também observaram que uma das três variedades apresentou maior similaridade genética com a variedade denominada *Língua de Papagaio* do que com as outras duas de mesmo nome. Os resultados da pesquisa realizada por Ogliari et al. (2007) foram concordantes com os estudos anteriores de Carvalho et al. (2004), que por meio de marcadores RAPD, identificaram diferentes grupos de Amarelão de variedades oriundas do mesmo município (Carvalho et al., 2004).

Tabela 2. Estimativa do Índice de Diversidade Shannon (H') para seis características fenotípicas baseado no nome local das populações locais de milho pipoca do Extremo Oeste de Santa Catarina.

Nome local ⁽¹⁾	Características fenotípicas ⁽²⁾						Média
	CG	FG	FE	AF	PR	CP	
Vermelha	0,80	0,94	0,90	0,80	1,09	1,00	0,92
Amarelinha	0,85	0,55	1,02	0,52	0,76	0,89	0,77
Pintadinha	0,69	1,04	0,56	0,69	0,56	1,04	0,77
Roxinha	0,33	0,69	1,27	0,61	0,64	0,94	0,75
Pretinha	0,19	0,62	0,85	0,71	1,14	0,96	0,75
Roxa	0,38	0,66	0,96	0,60	1,04	0,74	0,73
Branca	0,05	0,79	0,98	0,58	0,89	0,98	0,71
Pipoca	1,21	0,69	0,45	0,00	1,04	0,68	0,68
Amarela	0,78	0,43	0,94	0,53	0,53	0,83	0,67
Branquinha	0,29	0,64	0,84	0,29	0,96	0,88	0,65
Vermelhinha	0,95	0,67	0,69	0,00	0,56	0,56	0,57
Preta	0,00	0,45	0,87	0,45	1,10	0,45	0,55
Comum	1,10	0,64	0,00	0,00	0,64	0,64	0,50
Híbrida	0,64	0,64	0,00	0,00	0,64	0,64	0,42
Total	1,5	0,8	1,0	0,7	1,00	1,0	

⁽¹⁾ Para um conjunto de 388 populações locais de milho pipoca.

⁽²⁾ CG = cor de grão, FG = forma do grão, FE = forma da espiga, AF = arranjo de fileiras na espiga, PR = prolificidade e CP = ciclo de produção.

No Vietnam, Hue et al. (2003) mostraram que populações locais de taro (*Colocasia esculenta* L.), que possuíam a mesma denominação apresentaram variabilidade quanto às características morfológicas da planta e raiz. Pesquisas realizadas com populações locais de arroz na Índia e nas Filipinas também identificaram que as variedades que possuíam o mesmo nome tinham constituição genética diferente a nível bioquímico e molecular (Pham et al., 1999; Sebastian et al., 2001).

Os diferentes níveis de diversidade observados para os nomes locais de milho pipoca comprovaram que a taxonomia local fornece uma base preliminar para mensurar a diversidade conservada *in situ-on farm* já que uma mesma variedade compreendeu um conjunto de populações fenotipicamente distintas; informações sobre as diferentes variedades que possuem o mesmo nome podem contribuir para sua conservação, uma vez que estas poderiam ser equivocadamente excluídas de um programa de conservação por apresentarem a mesma denominação.

3.2 Manejo da diversidade de milho pipoca

A descrição do manejo local de variedades locais de milho pipoca incluiu todas as atividades e processos para a manutenção da diversidade, que inicia com o plantio e finaliza com o armazenamento de sementes para a próxima safra, incluindo as estratégias de seleção e melhoramento local.

Foram identificados dois ambientes de cultivo distintos: *roça*, utilizado por 67% das agricultoras, e *horta*, por 28%. Apenas 5% das agricultoras cultivavam pipoca em ambos os locais. Estas áreas são variáveis em tamanho e localização. As *hortas* estão localizadas próximas às moradias, em pequenas áreas, enquanto as *roças* localizam-se relativamente mais distantes e onde são cultivadas as culturas em maior área.

Na *roça*, uma pequena porção da área é destinada ao cultivo das “*miudezas*”, a qual inclui o milho pipoca. Esta terminologia é utilizada pelas agricultoras para se referirem às espécies que são destinadas exclusivamente à alimentação da família.

Esta característica foi comprovada pelos tamanhos mínimo, médio, máximo das áreas destinadas ao cultivo do milho pipoca, cujos valores foram de 2, 250, 2.500 m², respectivamente; a mediana foi de 80 m². Estes valores corresponderam a menos de 1% do tamanho mínimo (0,08 ha), médio (20 ha) e máximo (250 ha) das propriedades.

Nestes locais, o milho pipoca foi cultivado tanto em sistema solteiro, por 52% das agricultoras, como consorciado (48%) com outras espécies destinadas à alimentação da família, dentre as quais foram mencionadas *mandioca*, *batata-doce*, *batatinha*, *feijão*, *amendoim* e *melancia*.

O preparo do solo foi realizado por 86% das agricultoras de forma manual e por tração animal. A semeadura foi majoritariamente manual ou com auxílio de *saraquá* (97%). A plantadeira de tração animal foi utilizada por apenas 2% das agricultoras.

O manejo da adubação foi variável, sendo que 62% das agricultoras utilizaram somente fertilizantes químicos e/ou complementados com adubação orgânica, 30% não realizaram qualquer tipo de adubação e 28% utilizaram somente adubação orgânica.

O controle fitossanitário praticamente não foi realizado, uma vez que as agricultoras não fizeram controle de pragas e doenças, em 99% e 90% das indicações, respectivamente. Essa particularidade do

manejo sugere que as variedades de milho pipoca mais antigas podem ter desenvolvido adaptações específicas frente aos referidos fatores de estresse biótico ou, alternativamente, que as agricultoras não costumam usar agrotóxicos em plantas consumidas como alimento pela família.

O controle de plantas espontâneas foi realizado principalmente com ferramentas manuais, como enxada ou com a própria mão. Apenas 6% das agricultoras utilizaram controle químico ou não realizaram qualquer tipo de controle. A colheita foi realizada de forma manual por 100% das agricultoras entrevistadas.

A maioria das agricultoras (97%) relatou adotar alguma prática de isolamento (temporal e/ou espacial) das áreas destinadas ao cultivo do milho pipoca. Considerando as agricultoras que adotaram uma única prática de isolamento, verificou-se que o isolamento temporal variou de dois a 120 dias, sendo que a média e mediana foram de 27 e 30 dias, respectivamente. O isolamento espacial foi mais crítico; variou de dois a 1.000 metros, sendo que a média e mediana foi de 235 e 100 metros, respectivamente.

Estratégias de isolamento são particularmente importantes para espécies alógamas como o milho, sobretudo no caso do milho pipoca, pois caso haja fluxo de pólen oriundo de campos de milho com outro tipo de endosperma, o milho pipoca perde sua capacidade de expandir-se, dependendo do nível de introgressão.

O beneficiamento de sementes foi realizado por 80% das agricultoras; foram identificados os seguintes procedimentos: *debulha manual*, *debulha mecânica*, *descarte de grãos não sadios*, *descarte dos grãos da base e do ápice da espiga*, *limpeza das impurezas físicas (ao vento)*, *secagem ao sol e secagem a sombra*. O armazenamento das sementes foi realizado principalmente em garrafas de plástico PET (83%). As demais estratégias foram armazenamento de *sementes e/ou espigas no congelador*, *espigas penduradas no paiol*, *espigas no assoalho do paiol e em armazém tipo Chapecó* (silo para armenamento desenvolvido pela Epagri).

Em relação ao volume de sementes ou espigas armazenadas (Figura 4), estimou-se que 30% das agricultoras armazenaram menos de 0,5 kg e 21% guardaram até cinco espigas para o plantio da próxima safra. O armazenamento em espiga, cujo número máximo foi 20, pode ser considerado crítico já que esta quantidade é inferior ao recomendado para manter a diversidade.

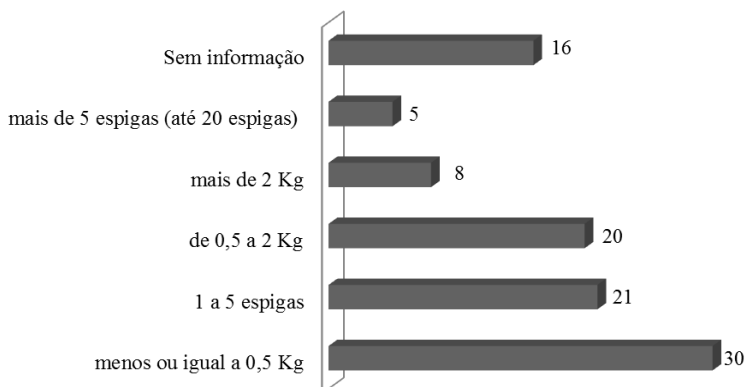


Figura 4. Distribuição do percentual (%) relacionado a quantidade de semente armazenada das populações locais de milho pipoca conservadas pelas agricultoras de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.

No caso das estratégias de seleção e melhoramento, 79% das agricultoras entrevistadas realizaram algum tipo de seleção. A espiga foi a principal parte da planta utilizada para este fim, com a indicação de 72% das agricultoras. Este processo foi realizado após a colheita pela maioria das agricultoras (65%), quando as espigas são depositadas no paiol ou próximo à residência.

Foram identificados 16 critérios de seleção, sendo que os três principais foram “*espigas bonitas*”, “*arranjo de fileiras*” e “*forma do grão*” com 169, 146 e 145 indicações, respectivamente (Figura 5).

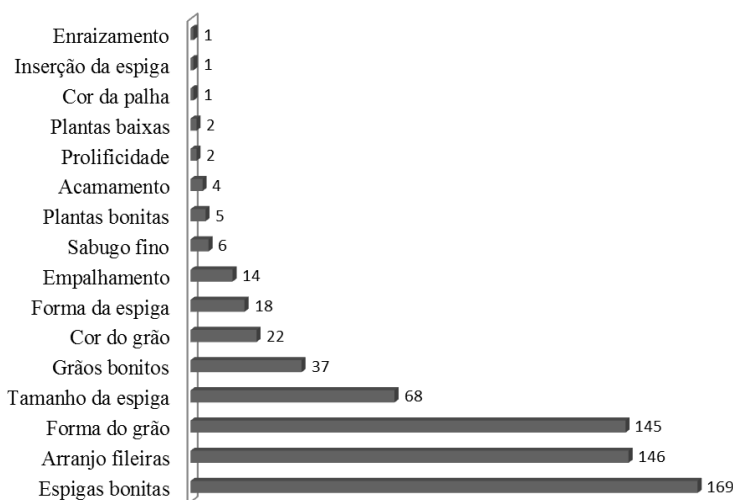


Figura 5. Número de indicações dos critérios de seleção adotados por 244 agricultoras de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina, para a seleção de variedades locais de milho pipoca.

O critério “*espigas bonitas*” compreendeu um conjunto de atributos associados ou não a outros critérios indicados pelas agricultoras, dentre as quais alguns puderam ser identificados, como “*espigas bem granada*”, “*grãos uniformes em tamanho e cor*” e “*espigas sadias*”. O conjunto de critérios indicados pelas agricultoras está muito mais associado à manutenção da identidade genética das variedades do que aos aspectos relacionados a características agrônômicas, como prolificidade, altura de planta, acamamento, enraizamento ou a produtividade.

O elevado número de indicações observado para três critérios também pode estar associado com a transmissão do conhecimento repassado ao longo das gerações, já que 70% das agricultoras mencionaram que aprenderam a selecionar suas variedades com suas mães e/ou avós.

Com base nos resultados foi identificado um padrão dominante em relação ao manejo da diversidade de milho pipoca, adotado pela maioria das agriculturas. Resultados similares foram encontrados por Vogt (2005) para variedades locais de milho comum, conservadas no município de Anchieta.

3.3 Redes de intercâmbio de sementes

Com base na pergunta *qual a origem da variedade* foi identificado que as agricultoras obtêm suas sementes a partir de diferentes fontes, sendo que as três principais categorias foram *vizinha, herança de família e doação de amigo ou parente*, com 29%, 26% e 17%, respectivamente. As demais foram *agropecuária, feiras de sementes, instituições locais*, como Sindicato dos Trabalhadores Rurais, *grupo de idosos* e *kit diversidade*.

O *kit diversidade* foi desenvolvido no município de Guaraciaba, com o objetivo de incentivar a produção de alimentos para consumo próprio dos agricultores familiares, a partir da distribuição de *kits* de sementes produzidas pelos próprios agricultores. Os kits foram constituídos por 5 a 12 variedades locais de 5 a 8 espécies (Canci et al., 2010).

A rede de intercâmbio de sementes de milho pipoca para o período avaliado foi composta por 191 agricultoras, duas instituições públicas (UFSC e Prefeitura Municipal de Guaraciaba), três organizações locais (Sindicato dos Trabalhadores Rurais da Agricultura Familiar de Anchieta, Grupo de Idosos e Movimento de Mulheres Camponesas-MMC), uma atividade cultural (Feira de Sementes), uma atividade técnica (*Kit diversidade*) e quatro grupos denominados *Anc* (Anchieta), *Gba* (Guaraciaba), *MunSc* (Municípios de Santa Catarina) e *Estados* que corresponderam a um conjunto de agricultores que não puderam ser identificados (Figura 6). Estes componentes em conjunto representaram os *nós* ou *atores* da rede.

Os nós *Anc* e *Gba* compreenderam agricultoras localizadas em seis e dez comunidades de Anchieta e Guaraciaba, respectivamente. O nó *MunSc* correspondeu aos municípios de São José do Cedro, Palmasola, Itapiranga, Paraíso, Romelândia e Caçador, localizados na região Oeste de Santa Catarina. O nó *Estados* compreendeu os Estados de São Paulo e Rio Grande do Sul. Foram identificadas 170 interações (fluxos); este valor correspondeu ao número máximo de fluxos possíveis, já que os nós *Anc*, *Gba*, *MunSc*, *Estados* não formaram um núcleo constituído por uma única agricultora.

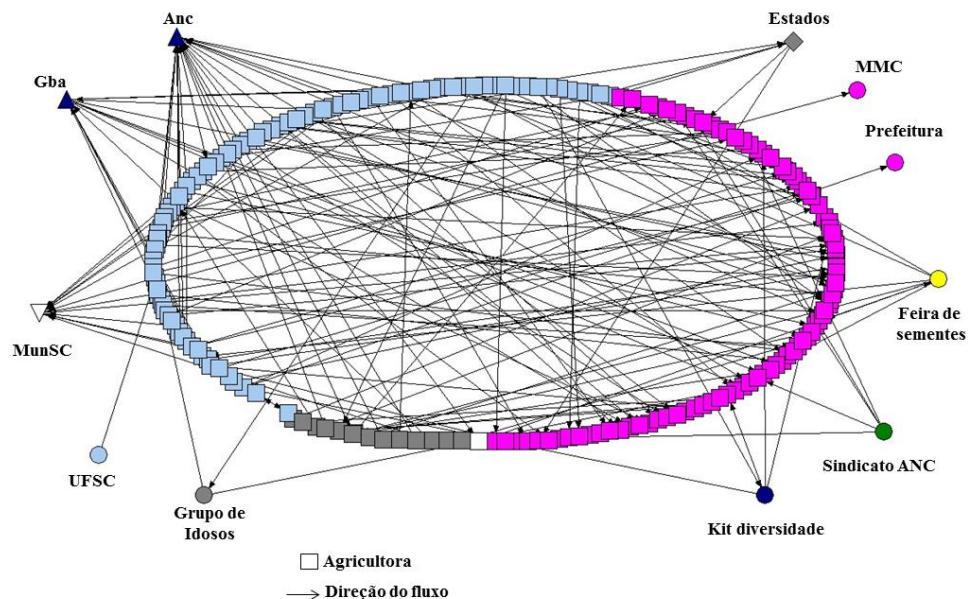


Figura 6. Rede de intercâmbio de sementes de milho pipoca no período de 2011 a 2013. As cores dos nós estão associadas ao número de variedades doadas e/ou recebidas: rosa - nenhuma variedade (agricultoras eceptoras/acumuladoras); azul claro - uma variedade; cinza - duas variedades; branco - três variedades, verde - cinco variedades, amarelo - seis variedades, azul escuro - oito variedades.

No total foram intercambiadas 92 variedades, sendo que 37 circularam em 17 comunidades rurais do município de Anchieta e 41 circularam em 23 comunidades rurais do município de Guaraciaba. O número máximo de variedades doadas pela mesma agricultora foi de três, enquanto que uma mesma variedade foi repassada, no máximo, para quatro agricultoras e/ou instituições, organizações ou atividade.

A estimativa da densidade da rede foi de 0,4 [RP=202x(202-1); D=(170/40602)x100]. Resultados encontrados por Calvet-Mir et al. (2012) para a rede de intercâmbio de sementes de hortaliças de 55 agricultores da Península Ibérica, indicaram que a rede possuía baixa densidade (0,018), mas que ainda permanecia ativa.

A baixa densidade da rede de milho pipoca indica sua fragmentação, o que pode ser comprovado pela maior parte dos fluxos identificados ter ocorrido entre apenas duas agricultoras (doação-acumulação). O maior número de interações foi observado para os *nós* que corresponderam a instituições, organizações e atividade ou aos grupos *Anc*, *Gba*, *MunSc* e *Estados*.

Os resultados mostraram que a rede se mantém ativa, sobretudo, sobre as relações de vizinhança. Este aspecto é um indicativo de que as agricultoras procuram fontes conhecidas e próximas geograficamente. Na escala regional e/ou institucional, os fluxos são menos frequentes e com importância inferior em termos quantitativos.

A ideia de que os sistemas agrícolas familiares são fechados e isolados, em relação ao fluxo de material genético, foi anteriormente demonstrado pelos estudos de Louette et al. (1997) em Jalisco, no México. Os autores verificaram que frequentemente os agricultores obtêm sementes de milho de pelo menos três origens diferentes: por meio de seleções feitas pelos próprios agricultores; pela aquisição de sementes de outros agricultores e, de introduções de fora da comunidade e/ou região.

Emperaire et al. (2008), analisando as redes de intercâmbio de variedades de mandioca do Alto Rio Negro na Amazônia, verificou que com frequência, o motivo do intercâmbio não é tanto a procura de variedades com novos atributos, mas a necessidade de conseguir sementes para o próximo plantio.

Mesmo que de maneira não intencional, as redes de intercâmbio de sementes acabam por garantir a conservação das variedades locais e o conhecimento sobre elas, por meio de duas lógicas: a) quanto maior a distribuição de sementes, maior a probabilidade de serem reproduzidas e

disseminadas; b) as trocas de sementes permitem aos agricultores doar quando disponível e receber nos momentos de maior necessidade.

As redes de intercâmbio são consideradas um componente essencial da diversidade à medida que o fluxo de sementes pode *gerar*, *incrementar* ou *manter* a diversidade (Louette et al., 1997). Com base nisso, analisando a característica do germoplasma intercambiado quanto a cor de grão, verificou-se que do total de, 92 variedades, 41 possuíam cor de grão *Branco*, 18 *Preto*, 15 *Alaranjado*, 9 *Amarelo*, quatro *Roxo*, três *Multicolorido* e duas *Vermelho*. Este resultado foi concordante com a proporção de cores de grão observada para o número total de variedades conservado pelas 244 agricultoras (Figura 7).

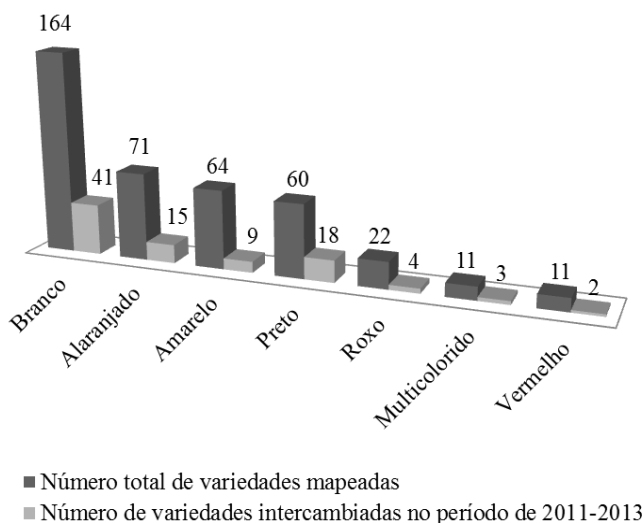


Figura 7. Distribuição do número de variedades quanto a cor de grão relacionada ao total de variedades mapeadas (403) e ao total de variedades intercambiadas no período de 2011-2013.

Este resultado pode ser um indicativo de que a rede de intercâmbio de sementes mantém a diversidade de milho pipoca na região estudada. Mediante a circulação de variedades, ativa-se um sistema de conservação do milho pipoca, ampliando o número de agricultoras, instituições/organizações locais e variedades ao sistema. Se

uma mesma variedade passa a ser mantida por duas agricultoras, seu risco de perda se reduz pela metade.

3.4 Processos de perda de diversidade

No período de 2011 a 2013, das 244 agricultoras entrevistadas, 164 perderam ao menos uma variedade, totalizando 201 variedades perdidas. Das causas associadas aos processos de erosão genética, apenas três – *deixou de plantar*, *não gostou e seca* – explicaram 84% das perdas (Figura 8).

A primeira delas é particularmente importante, porque no ato *deixou de plantar* está embutida a perda da identidade cultural associada ao envelhecimento da população rural. A média das agricultoras entrevistadas foi de 52 anos (idade mínima de 21 e máxima de 87 anos), indicando que atualmente quem está a cargo da conservação da diversidade de milho pipoca são pessoas com idade relativamente avançada, que acabam abandonando a produção ou migrando para a cidade, sem a sucessão das atividades agrícolas para os mais jovens. Com isso, se perde a cultura do consumo de milho pipoca e, consequentemente, a diversidade e o conhecimento associado.

A perda de variedades porque *não gostou* é menos importante, embora tenha sido a categoria com o segundo maior número de indicações (25). Continuamente, as agricultoras experimentam cultivar outras variedades, que no caso do milho pipoca se manifesta por conhecer suas qualidades culinárias. O fato de uma variedade não atender as expectativas de uma agricultura, por não ser *macia*, *saborosa* ou por não possuir *boa expansão* é motivo suficiente para não conservá-la.

Eventos climáticos como a *seca*, por serem imprevisíveis de uma única safra, são particularmente drásticos. Quando associados à reduzida quantidade de sementes armazenadas pelas agricultoras (Figura 4) são ainda mais críticos porque compromete tanto o estoque de sementes para o próximo plantio quanto à disponibilidade do alimento para ser consumido pela família ao longo do ano.

Das demais causas, particularmente *cruzou com outros milhos* merece destaque, porque este fato interfere diretamente na capacidade da pipoca expandir-se. Ao perder esta característica, a variedade deixa de ser útil à agricultora e, portanto, imprópria para o consumo e uso para

o plantio da próxima safra. Este aspecto pode estar associado às práticas inadequadas de isolamento espacial.

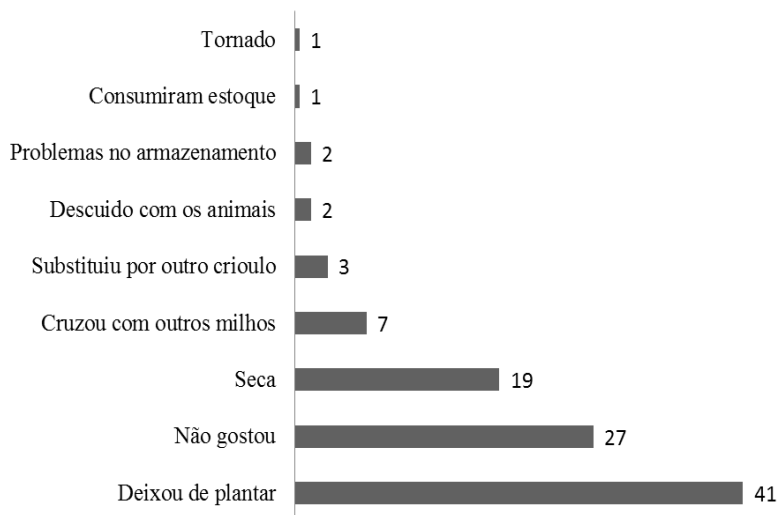


Figura 8. Percentual de indicações das causas de perda da diversidade de variedades locais de milho pipoca de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.

A perda de diversidade pode ser mensurada pela diminuição do número de variedades, pela perda de alelos, de combinações gênicas ou pela combinação desses fatores, que se refletem na perda de valores de uso, agronômicos e/ou adaptativos. Neste estudo, os processos de perda de diversidade de milho pipoca foram quantificados pela diminuição concreta do número de variedades, em um período de dois anos.

Estudos realizados por Dyer et al. (2014), no período de 2002 a 2007, avaliaram a perda de diversidade de milho em todo o território mexicano. Os autores verificaram que a diminuição do número de variedades cultivadas por agricultor de 1,43 para 1,22 foi significativa. Os autores mencionaram que a extinção de variedades não resulta necessariamente em perdas de alelos, mas na diminuição da riqueza varietal que pode comprometer o acesso por parte dos agricultores ao germoplasma com distintas características para atender suas diferentes necessidades.

Os processos de perda podem estar relacionados a fatores de diversas ordens. No caso específico do milho pipoca, estes estão associados ao envelhecimento da população rural, aos eventos climáticos e à própria decisão da agricultora em continuar ou não o seu cultivo. Estas causas podem influenciar com intensidade variável a conservação *in situ-on farm*. Os processos de perda de variedades podem ser compensados pelas redes de intercâmbio de sementes. Estes sistemas são evidentemente importantes para a manutenção da diversidade *in situ-on farm*.

Estratégias complementares podem ser adotadas para ampliar o uso de variedades locais por parte das agricultoras, como casas comunitárias de sementes, feiras de troca de sementes, livro de registro comunitário da agrobiodiversidade, canteiros de diversidade, ensaios participativos de avaliação de variedades locais, inserção do tema agrobiodiversidade nas escolas e consolidação de uma Rede da Agrobiodiversidade do Extremo Oeste de Santa Catarina.

4. CONCLUSÕES

Este estudo permitiu identificar que: a) as variedades locais de milho pipoca possuem variabilidade quanto às características fenotípicas estudadas, b) características fenotípicas são úteis para mensurar a diversidade *in situ-on farm*, c) o nome local pode ser considerado um indicador de diversidade, d) a característica cor de grão é a base da taxonomia local, e) o milho pipoca é cultivado há pelo menos 60 anos na região e, em alguns casos, há mais tempo pela família f) existe um padrão dominante relacionado ao manejo e seleção realizado pelas agricultoras (a maioria das agricultoras adotaram as mesmas práticas), g) a rede de intercâmbio de sementes é responsável pela manutenção do padrão varietal identificado e se baseia, principalmente, nas relações de vizinhança e, h) existem processos de perda de diversidade representados pela diminuição do número de variedades.

5. REFERÊNCIAS

Altieri, M.A. and P. Koohafkan. Enduring farms: Climate change, smallholders and traditional farming communities. TWN Environment & Development Series No. 6. Third World Network, Penang, 2008.

- Alves, P.A.; Mattei, L.F. (2006) Migrações no oeste catarinense: história e elementos explicativos. 2006 Disponível em: http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP_2006_598.pdf/. Acesso 26 Novembro 2014.
- Bellon, M.R.; Berthaud, J.; Smale, M.; Aguirre, J.A.; Taba, S.; Aragon, F.; Diaz, J.; Castro, H. Participatory landrace selection for on-farm conservation: an example from the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. *Genet Res Crop Evol*, v.50, p.401–416, 2003.
- Bellon, M. R. 2004. Conceptualizing interventions to support on-farm genetic resource conservation. *World Development* 32(1):159–172.
- Borgatti, S. Netdraw. Network Visualization. Analytic Technologies, Inc., 2006.
- Borgatti, S.P.; Everett, M.G.; Freeman, L.C. Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis. Harvard, MA: Analytic Technologies, 2002.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Secretária-Executiva Conselho do Agronegócio. Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para a Alimentação e a Agricultura. Brasília, DF: MAPA, 2008.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Convenção sobre diversidade biológica: conferencia para adoção do texto acordado da CDB: ato final de Nairobi. Brasília, DF: MMA, 2000. 60 p. (Biodiversidade, 2).
- Brush, S. In situ conservation of landraces in centers of crop diversity. *Crop Science*, v.35, p.346-354, 1995.
- Calvet-Mir L, M Calvet-Mir, J Luis Molina, and V Reyes-García (2012) Seed exchange as an agrobiodiversity conservation mechanism. A case study in Vall Fosca, Catalan Pyrenees, Iberian Peninsula. *Ecology and Society* 17:29-40
- Canci, A.; Guadagnin, C.A.; Guadagnin, C. M. I.; Moreira, A. Origem. In: Canci, A.; Alevs, A. C.; Guadagnin, C. A. *Kit diversidade: estratégias para a segurança alimentar e valorização das sementes locais*. São Miguel do Oeste: Instituto de Agrobiodiversidade e Desenvolvimento Sócioambiental, Cap. 1, p.19-27, 2010.
- Carvalho, V.P.; Ruas, C.F.; Ferreira, J.M.; Moreira, R.M.P.; Ruas, P.M. Genetic diversity among maize (*Zea mays* L.) landraces

- assessed by RAPD markers. *Genetics and Molecular Biology*, v.27; p.228-236, 2004.
- Contreras, T.R.; Díaz, L.G.; Reyes, G.R. Geografía e historia cultural del maíz palomero tolqueño. *Ciencia Ergo Sum*, v.13, n.1, p-47-56, 2006.
- Cox, P. A. 2000. Will tribal knowledge survive the millennium? *Science* 287:44–45
- Dyer, A.G.; López-Fieldman, A.; Naude-Yúnez, A.; Taylor, E. Genetic erosion in maize's center of origin. *Proc. Natl. Acad. Sci*, v.111, n. 39, p.14094-14099, 2014.
- Emperaire, L; Katz, E.; Lopez, C.; Laquez, A.E.; Carneiro da Cunha, M.; Almeida, M. Diversité agricole et patrimoine dans le moyen Rio Negro (Amazonie brésilienne). *Les Actes du BRG*, v.7, p.139-153, 2008.
- França F, Costa FM. Caracterização dos recursos genéticos de milho. Comunicado Técnico 185. Dez 2010. Available: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/883797>. Acesso em 5 Novembro 2014
- Gil-Muñoz, A.; López, P.A.; Orozco, A.M.; López-Sánchez, H. Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Puebla, México: diversidad y utilización. In: Chávez-Servia, J.L., Tuxill, J.; Jarvis, D.I. (eds). *Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales*. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia, 2004.
- Grobman, A.; Bonavia, D.; Dillehay, T.D.; Piperno, D.R.; Iriarte, J.; Holst, I. (2012) Preceramic maize from Paredones nd Huaca Prieta, Peru. *Proc Natl Acad Sci*, v.109, p. 1755–1759, 2012.
- Hue, N.; Trinh, L.; Ha, N.; Sthapit, B.; Jarvis, D. Taro cultivar diversity in three ecosites of North Vietnam. In: Tuan, H.D.; Hue, N.N.; Sthapit, BR.; Jarvis, D.I. (eds.). *On- Farm Management of Agricultural Biodiversity in Vietnam*, Roma, p.6-12, 2003.
- Jarvis, D; Sthapit, B.; Sears, L. *Conserving Agricultural Biodiversity in Situ: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 2000.
- Louette, D.; Charrier, A.; Berthaud, J. In situ conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany*, v.51, p.20-38, 1997.

- Maffi, L. 2002. Endangered languages, endangered knowledge. *International Social Science Journal* 54:385–393
- Maxted, N.; Ford-Lloyd, B.V.; Hawkes, J.G. *Plant Conservation: The In Situ Approach*. Chapman and Hall, London, 1997.
- Neyman, J. Contribution to the Theory of Sampling Human Population. *Jour. Amer. Assoc.*, v.33, p.101-116, 1938.
- Ogliari, J.B.; Alves, A.C.; Kist, V.; Foncesa, J.A.; Balbinot, A. Análise da diversidade genética de variedades locais de milho. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.2, n.1, p.191-195, 2007.
- Paterniani, E.; Goodman, M.M. Races of maize in Brazil and adjacent areas. *CIMMYT*, Mexico City, Mexico, p.95, 1997.
- Perales, H.R., B.F. Benz y S.B. Brush. Maize diversity and ethno-linguistic diversity in Chiapas, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 102, p.949-954, 2005.
- Pham, J.L.; Quilloy, S.; Huong, L.D.; Tuyen, T.V.; Morin, S. Molecular Diversity of Rice Varieties in Central Vietnam. Paper presented at the workshop of the participants of the project “Safeguarding and Preserving the Biodiversity of the Rice Genepool. Component II: On-Farm Conservation. Los Baños, Filipinas: Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz, p.17–22, 1999.
- Rice, E.B.; Smith, M.E.; Mitchell, S.E.; Kresovich, S. Conservation and change: a comparison of in situ and ex situ conservation of Jala maize germplasm. *Crop Sci*, v.46, p.428-436, 2006.
- Sauhuana, W.; Machado, V. Razas de maíz en Paraguay. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service & The Maize Program of the Paraguayan Ministry of Agriculture and Livestock, p.143, 1999.
- Sebastian, L.S.; Garcia, J.S.; Hipolito, L.R.; Quilloy, S.M.; Sanchez, P.L.; Califo, M.C.; Pham, J.L. Assessment of Diversity and Identity of Farmers’ Rice Varieties Using Molecular Markers. Perú. Centro Internacional de la Papa, p.14-17, 2001.
- Shannon, C.E. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, v.27, p.379-423, 1948.
- Soleri, D.; Smith, S.E. Morphological and phenological comparisons of two Hopi maize varieties conserved in situ and ex situ. *Economic Botany*, v.49, p.56-77, 1995.
- SPSS Inc. PASW Statistics for Windows, Version 18.0. Chicago: SPSS Inc., Released 2009.

- Vázquez, A.J.G.; Olán, M.; Santacruz-Varela, A.; Sánchez, H.L. Conservación in situ, manejo y aprovechamiento de maíz Palomero Toluqueño con productores custódios. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, v.5, n.8, p.1519-1530, 2014.
- Vogt, G. A. A dinâmica do uso e manejo de variedades locais de milho em propriedades agrícolas familiares. 2005. 116 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2005.
- Woloszyn, N. Em busca da terra: colonização e exploração de madeiras no Oeste Catarinense. 2008 Disponível em: http://www.pesquisa.uncnet.br/pdf/historia/busca_terra_colonizacao_exploracao_madeiras_oeste_catarinense.pdf/. Accessed 28 November 2014.
- Zimmerer K. S. 2003. Geographies of seed networks for food plants (Potato, Ulluco) and approaches to agrobiodiversity conservation in the Andean countries. *Society and Natural Resources* 16:583–60

CAPÍTULO IV

Capacidade de expansão de variedades locais de milho pipoca conservadas *in situ-on farm* no Extremo Oeste de Santa Catarina¹⁵

RESUMO

O Extremo Oeste de Santa Catarina é caracterizado pelo elevado número de variedades locais de milho pipoca. O objetivo do trabalho foi avaliar a capacidade de expansão de 85 variedades locais dessa região, bem como sua relação com a diversidade fenotípica e valores de usos associados à qualidade gastronômica. O Índice de Capacidade de Expansão variou de 2,5 a 24,7 e diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) entre as variedades. A riqueza de categorias para cor, forma e arranjo de grão, forma da espiga, e número de fileiras de grãos, foi de 7; 3; 3; 4; e 6, respectivamente. O valor do Índice de Diversidade de Shannon para as mesmas variáveis variou de 3,7 a 4,04. As características associadas à qualidade gastronômica, que apresentaram o maior percentual de indicações, foram *maciez*, *rendimento de panela* e *sabor*. As variedades locais apresentaram variabilidade quanto às características fenotípicas, potencial de expansão, que associados ao conhecimento local, são elementos chaves para o melhoramento genético participativo.

Termos para indexação: diversidade fenotípica, recursos genéticos, valores de usos, *Zea mays* L.

¹⁵ Artigo em processo de elaboração. Autores: Natália Carolina de Almeida Silva, Rafael Vidal, Juliana Macari, Juliana Bernardi Ogliari.

ABSTRACT

Far western Santa Catarina, southern Brazil, has shown a large number of popcorn landraces. This study aimed at evaluating 85 landraces of this region for expansion ratio as well as its phenotypic diversity and use values related to gastronomic quality. The popping expansion ratio varied 2,5 to 24,7 and the varieties showed significant differences ($p \leq 0.05$) by F test. The richness for color, shape and arrangement of kernel, ear shape, and number of rows was 7; 3; 3; 4 and 6 respectively. The Shannon Index for the same characters varied 3,7 to 4,04. The main characters related to gastronomic quality with higher percentage of indications were *softness*, *pot yield*, and *flavor*. The landraces showed variability in the phenotypic characteristics, expansion potencial, which associated with local knowledge are key elements for participatory popcorn breeding.

Key words: phenotypic diversity, genetic resources, use values, *Zea mays* L.

1. INTRODUÇÃO

O Extremo Oeste de Santa Catarina (EOSC) tem sido reconhecido pela diversidade de variedades locais de *Zea mays* L. A maior parte dessa diversidade é explicada pelo elevado número de variedades de milho pipoca, associado a uma expressiva riqueza de características morfológicas do grão. Dentre as 1.513 populações de milho identificadas nesta região, 71% corresponderam a variedades de milho pipoca, cuja conservação é realizada quase que exclusivamente pelas mulheres (Costa et al., no prelo).

O milho pipoca é considerado um tipo de milho especial por sua capacidade de expandir, em função da rigidez do pericarpo (Ziegler, 2001). Este processo está associado à presença de óleo e umidade no grão, que quando aquecidos exercem forte pressão sobre o pericarpo, cujo rompimento expõe o endosperma (Zinsly & Machado, 1978).

A realidade do germoplasma de milho pipoca não é diferente da situação geral dos milhos com outros tipos de endosperma. A base genética utilizada em programas de melhoramento é estreita e, muitas vezes, a falta de diversidade é compensada por milhos com endosperma tipo *flint* (Ziegler & Ashman, 1994).

No Brasil, existem poucos trabalhos que avaliam o potencial genético de milho pipoca, o que se contrapõe com uma demanda crescente de germoplasma proveniente dos Estados Unidos e da Argentina (Miranda et al., 2012). Atualmente, existem 50 cultivares registradas no Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), sendo que apenas duas empresas detêm 60% do mercado de sementes (Brasil, 2015). Na safra de 2011-2012, apenas três variedades foram disponibilizadas para a comercialização (Vitorazzi et al., 2013), o que produz um cenário preocupante de reduzida diversidade, com riscos para produção.

Algumas razões podem explicar a falta de utilização do germoplasma nacional de milho pipoca: i) o desconhecimento da diversidade disponível no Brasil para o desenvolvimento de novas cultivares, tanto com relação ao germoplasma conservado *ex situ* quanto *in situ-on farm*; ii) a falta de informações sobre o potencial do germoplasma brasileiro quanto a capacidade de expansão e outros atributos adaptativos e agrônômicos importantes para o seu cultivo; iii) a dificuldade na determinação da capacidade de expansão, por ser uma característica afetada por fatores não genéticos; iv) os objetivos dos

programas nacionais de melhoramento genético priorizam, sobretudo, a produtividade e outros tipos de milho.

Nesse contexto, as variedades locais de milho pipoca podem ser uma peça chave para os programas de melhoramento genético (Prasanna, 2012), particularmente para a região EOSC, pela sua expressiva diversidade. Com base nisso, o objetivo desse estudo foi avaliar a capacidade de expansão de variedades locais de milho pipoca do EOSC, bem como sua relação com a diversidade fenotípica e valores de uso associados aos atributos gastronômicos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material vegetal

Foram avaliadas 85 variedades locais de milho pipoca (Apêndice 5), coletadas em Anchieta e Guaraciaba. A coleta foi realizada pelo NEABio da UFSC, em julho de 2013. Juntamente com o material vegetal, foram obtidas informações a respeito do material por meio de um questionário semi-estruturado, organizado em grupos de perguntas, que foram reunidas pelos seguintes tópicos: (i) identificação do informante e da propriedade; (ii) identificação das variedades locais conservadas na propriedade; (iii) valores associados aos usos e preferências das variedades, segundo informações concedidas pelas agricultoras responsáveis pela conservação.

2.2 Avaliação da capacidade de expansão (CE)

A avaliação da CE foi realizada no Laboratório de Pesquisas em Agrobiodiversidade (LAGROBio), no Centro de Ciências Agrárias da UFSC. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 87 tratamentos e duas repetições. Os tratamentos corresponderam a 85 variedades do EOSC obtidas diretamente das agricultoras e, duas testemunhas, sendo uma representada por uma pipoca comercial desenvolvida pela empresa Yoki obtida no comércio local, e a outra, pela variedade de polinização aberta BRS-Ângela, desenvolvida pela Embrapa e cedida pela mesma empresa para a realização desse estudo.

A umidade de cada amostra (%) foi determinada indiretamente pelo método de capacitância, com auxílio do medidor de umidade *multi-grain*. O Índice de Capacidade de Expansão (ICE) foi obtido pela razão

entre o volume de pipoca expandida (em proveta de 2.000 mL) e o volume inicial de grãos (30 mL). As amostras foram inseridas em saco de papel *kraft*, e submetidas a uma temperatura de 280°C por 90 segundos, em forno micro-ondas com máxima potência, conforme metodologia proposta por Abreu et al. (2012).

As pressuposições básicas para análise de variância foram realizadas com auxílio do programa ASSISTAT 6.1 (Silva, 1996) e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, para variáveis cujo teste F foi significativo a 1% de probabilidade. Foi estimado o coeficiente de correlação de Pearson entre o ICE e a umidade dos grãos (%).

2.3 Diversidade fenotípica e valores associados aos usos

A diversidade foi avaliada com base nas características morfológicas do grão e espiga e com base na indicação da agricultora quanto à qualidade gastronômica de cada variedade. Para cada variável, foi realizada análise exploratória e inferência dos dados por meio de estatísticas descritivas para 61 variedades que apresentaram dados completos.

Obteve-se a riqueza e o Índice de Diversidade de Shannon (Shannon, 1948) para cor de grão, forma de grão, arranjo dos grãos na fileira, número de fileiras e forma da espiga, com o auxílio do programa estatístico PAST versão 3.04 (Hammer et al., 2001). Foi estimada a frequência relativa, expressa em percentagem (%), com base no número de indicação das agricultoras dos valores de usos associados aos atributos gastronômicos, quanto à maciez, sabor, ausência do pericarpo após a expansão (indicação *sem casquinha*), rendimento de panela (indicação *estoura bem*) e volume após a expansão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos diferiram significativamente ($p \leq 0,01$) entre si para o ICE pelo teste F (Tabela 1). Os valores médios variaram de 2,4 a 24,7 ml ml⁻¹, sendo a média de 13,7 ml ml⁻¹. Para as duas testemunhas, a média do ICE foi de 19,5 ml ml⁻¹. O teste de médias permitiu separar as variedades locais em dois grupos. O grupo ‘a’ (41%) correspondeu às variedades locais estatisticamente iguais às testemunhas, com ICE

médio de 18,6 ml ml⁻¹. O grupo 'b' (59%) correspondeu às variedades locais que possuem média de ICE de 10,3 ml ml⁻¹.

O teor de umidade das sementes, no momento da expansão, variou de 5,3 a 14,0%, sendo o valor médio de 10,7%. O resultado do coeficiente de correlação de Pearson foi de -0,05, demonstrando que não há uma relação linear entre ICE e umidade. Foi observado que, mesmo com o teor de umidade sub-ótima de 5 e 8% (Ziegler, 2001), algumas variedades locais apresentaram valores de ICE superiores a 20 ml ml⁻¹.

Estudos reportados na literatura relatam que teores de umidade entre 11 e 15%, com máximo valor de 13%, proporcionam os melhores índices de capacidade de expansão, podendo variar com o genótipo, tamanho da semente e com o método adotado para a determinação da umidade (Zinsly & Machado, 1987; Nascimento & Boiteux, 1994; Ziegler, 2001; Luz et al., 2005).

Os resultados obtidos neste estudo são concordantes com os resultados de outros estudos, já que os genótipos avaliados possuem diferenças quanto à origem genética e características morfológicas, como o tamanho de grão. Além da umidade, outros fatores não genéticos como integridade do pericarpo e do endosperma, o método de secagem e a temperatura no momento da expansão, também afetam a capacidade de expansão do milho pipoca (Zinsly & Machado, 1987; Song & Eckhoff, 1994; Sawazaki, 1995).

Tabela 1. Identificação e origem do germoplasma, valores médios do Índice Capacidade de Expansão (ICE) e Umidade (U%) de 87 variedades locais de milho pipoca do Extremo Oeste de Santa Catarina.

Código	Origem do germoplasma	Cor do grão	Forma do grão	ICE (ml ml ⁻¹)	U (%)
Testemunhas					
5000A	Yoki	Amarelo	Redondo	23,3 a ^(*)	13,1
5000B	Embrapa	Branco	Redondo	15,7 a	13,0
Média				19,5	13,1
Variedades locais					
648C	Guaraciaba	Branco	Redondo	24,7 a	11,7
2358A	Anchieta	Branco	Pontudo	23,7 a	10,2
880A	Guaraciaba	Branco	Pontiagudo	23,3 a	12,2
574A	Guaraciaba	Branco	Pontiagudo	23,0 a	13,3

941A	Guaraciaba	SI ⁽¹⁾	SI	22,5 a	12,8
390A	Guaraciaba	SI	SI	21,8 a	12,0
977A	Guaraciaba	Misturado	Pontagudo	21,7 a	10,5
1106A	Guaraciaba	Alaranjado	Redondo	21,2 a	8,9
2604B	Anchieta	Preto ou Azul	Redondo	20,8 a	5,3
332B	Guaraciaba	Roxo	Pontagudo	19,8 a	13,4
2293A	Anchieta	Branco	Ambos	19,7 a	6,9
612A	Guaraciaba	Amarelo	Redondo	19,5 a	11,7
1051C	Guaraciaba	Preto ou Azul	Redondo	19,2 a	12,7
236B	Guaraciaba	Preto ou Azul	Redondo	18,8 a	11,7
120B	Guaraciaba	Preto ou Azul	Redondo	18,8 a	10,2
2406A	Anchieta	Preto ou Azul	Redondo	18,7 a	10,5
563A	Guaraciaba	Branco	Pontagudo	18,6 a	11,7
829B	Guaraciaba	Branco	Redondo	18,2 a	11,1
1110A	Guaraciaba	Alaranjado	Redondo	18,0 a	10,9
2A	Guaraciaba	Branco	Pontudo	17,8 a	8,9
458B	Guaraciaba	Preto ou Azul	Redondo	17,5 a	14,0
2360A	Anchieta	Amarelo	Redondo	17,5 a	11,0
2438D	Anchieta	Alaranjado	Redondo	17,3 a	10,3
319B	Guaraciaba	Amarelo	Redondo	16,7 a	11,4
2376A	Anchieta	Branco	Redondo	16,7 a	SI ⁽¹⁾
962A	Guaraciaba	Branco	Pontagudo	16,5 a	9,2
2379A	Anchieta	Vermelho	Pontagudo	16,2 a	9,9
932A	Guaraciaba	Preto ou Azul	Pontagudo	16,0 a	10,9
964A	Guaraciaba	Preto ou Azul	Redondo	15,7 a	11,4
2241A	Anchieta	Branco	Redondo	15,7 a	10,2
302F	Guaraciaba	Vermelho	Redondo	15,5 a	12,5
945A	Guaraciaba	Branco	SI	15,5 a	13,1
66A	Guaraciaba	Branco	Pontagudo	15,2 a	12,6
90A	Guaraciaba	Vermelho	Redondo	15,2 a	11,5
2339A	Anchieta	Preto ou Azul	Redondo	14,7 a	8,5
1172D	Guaraciaba	Alaranjado	Ambos	14,2 b	10,9

857C	Guaraciaba	Branco	Pontagudo	14,0 b	SI
2329A	Anchieta	Preto ou Azul	Redondo	13,7 b	10
2433G	Anchieta	Amarelo	Redondo	13,7 b	SI
793B	Guaraciaba	Branco	Pontagudo	13,5 b	6,9
2108A	Anchieta	Branco	Ambos	13,5 b	10,9
2423A	Anchieta	Alaranjado	Redondo	13,5 b	11,4
846A	Guaraciaba	Branco	Pontagudo	13,3 b	7,1
787C	Guaraciaba	Misturado	Redondo	13,3 b	10,1
1016A	Anchieta	Vermelho	Redondo	13,3 b	9,3
283A	Guaraciaba	Branco	Redondo	13,2 b	10,9
205B	Guaraciaba	Preto ou Azul	Pontagudo	13,0 b	11,6
851A	Guaraciaba	Amarelo	Redondo	13,0 b	10,0
2393B	Anchieta	Branco	Pontagudo	13,0 b	SI
694D	Guaraciaba	Branco	Redondo	12,5 b	11,5
2566A	Anchieta	Amarelo	Redondo	12,5 b	10,9
338C	Guaraciaba	Alaranjado	Redondo	12,3 b	11,2
90B	Guaraciaba	Branco	Pontagudo	12,0 b	11,5
1161B	Anchieta	Roxo	Pontagudo	11,8 b	SI
789A	Guaraciaba	Amarelo	Redondo	11,5 b	9,5
2433I	Anchieta	Vermelho	Ambos	11,3 b	10,3
793A	Anchieta	Amarelo	Redondo	11,0 b	10,1
2379B	Anchieta	Branco	Pontagudo	11,0 b	10,7
319D	Guaraciaba	Vermelho	Redondo	10,7 b	10,2
628A	Guaraciaba	Vermelho	Pontagudo	10,7 b	12,8
2150A	Anchieta	Alaranjado	Ambos	10,5 b	11,2
2208B	Anchieta	Branco	Redondo	9,8 b	8,3
48A	Guaraciaba	Branco	Redondo	9,7 b	11,0
778B	Guaraciaba	Branco	Ambos	9,5 b	10,7
884B	Guaraciaba	Branco	Pontagudo	9,5 b	10,8
2021A	Anchieta	Branco	Pontagudo	9,5 b	9,4
2291A	Anchieta	Alaranjado	Pontagudo	9,5 b	9,7
229D	Guaraciaba	Preto ou Azul	Pontagudo	9,2 b	11,7

244A	Guaraciaba	Branco	Pontiagudo	8,8 b	10,7
467A	Guaraciaba	Preto ou Azul	Redondo	8,7 b	10,8
2208A	Anchieta	Vermelho	Ambos	8,7 b	10,1
1035A	Guaraciaba	Amarelo Claro	Redondo	8,2 b	11,7
2091A	Anchieta	Branco	Redondo	8,0 b	11,3
2101B	Anchieta	Preto ou Azul	Redondo	8,0 b	11,3
2359B	Anchieta	Alaranjado	Pontiagudo	8,0 b	10,2
1104B	Guaraciaba	Roxo	Pontiagudo	7,8 b	12,2
2488A	Anchieta	Branco	Pontiagudo	7,7 b	9,3
2255B	Anchieta	Alaranjado	Redondo	7,5 b	10,8
1164B	Guaraciaba	Amarelo	Pontiagudo	7,2 b	6,5
2204A	Anchieta	Preto ou Azul	Redondo	7,2 b	11,5
956A	Guaraciaba	Amarelo	Redondo	7,0 b	12,8
2618A	Anchieta	Misturado	Ambos	6,0 b	10,3
841A	Guaraciaba	Branco	Redondo	4,8 b	10,9
319C	Guaraciaba	Preto ou Azul	Redondo	4,7 b	13,0
2059A	Anchieta	Branco	Ambos	2,5 b	8,3
Média				13,6	10,7
Média total				10,8	10,7
CV (%)				31,5	15,2
Valor de F				2,6046^(**)	

⁽¹⁾Quantidade de sementes insuficiente para determinação da umidade. ^(*)Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. ^(**)Teste F significativo a 1% de probabilidade. CV% = coeficiente de variação. SI = sem informação.

As informações sobre ICE para variedades locais são escassas na literatura científica e trabalhos que avaliam sua qualidade destinada unicamente ao consumo humano, são incipientes. Teixeira et al. (2010) verificaram valores extremamente baixos para uma variedade crioula do Estado de Goiás, com 1,74 e 5,39 ml ml⁻¹, submetidas a 7 e 13% de umidade, respectivamente.

As *Normas de Identidade e Qualidade de Milho Pipoca* do MAPA apontam que, para um cultivar ser comercializado, o valor mínimo do ICE deve ser de 15 ml ml⁻¹ (Pacheco et al., 1996). Neste caso, todas as variedades pertencentes ao grupo ‘a’ estão aptas à comercialização. Entretanto, o potencial das variedades locais pertencentes ao grupo ‘b’ não deve ser descartado.

Miranda et al. (2008) avaliaram a CE de diferentes materiais comerciais nacionais e seus cruzamentos, com umidade constante de 12%. Os resultados variaram entre 9 e 21 ml ml⁻¹, valores similares aos obtidos para as variedades locais do EOSC, o que demonstra seu potencial para esta característica.

Entretanto, novos estudos que padronizem a umidade e avaliem a integridade do pericarpo, permitirão minimizar os efeitos dos fatores não genéticos na capacidade de expansão com o intuito de reavaliar as variedades locais, principalmente as do grupo ‘b’.

3.1 Capacidade de expansão, diversidade fenotípica, valores associados aos usos e ICE

A caracterização morfológica de espiga e grão das 61 variedades locais de milho pipoca identificou que 43% apresentam cor de grão *branco*, 20% *preto*, 16% *alaranjado*, 10% *amarelo*, 5% *vermelho*, 3% *multicolorido* e 3% *roxo*. Em relação à forma do grão, 49% é caracterizada como *lisa*, 43% *pontiaguda* e 7% ambas as formas. Para a característica forma da espiga, 59% é *cônica*, 21% *cilíndrica*, 13% *cônica-cilíndrica* e 3% espiga *redonda*. No que diz respeito ao arranjo dos grãos nas fileiras, 74% possuem disposição *reta* ou *levemente curvada*, 23% em *espiral* e 3% *entrelaçada*. O número médio de fileiras por espiga foi de 14.

Na Tabela 2, estão apresentados os resultados da riqueza (número de indicações) e diversidade pelo Índice de Shannon (H'), tanto para o conjunto total de variedades quanto para os grupos ‘a’ e ‘b’. Os valores obtidos podem ser considerados elevados, o que expressa a diversidade, inclusive dentro dos grupos. Em comparação, Li et al. (2002) avaliando as características do grão para 13.521 variedades locais da China, que incluía milho pipoca, obtiveram valores médios de H' de 0,9 e 1,0 para cor e tipo de grão, respectivamente.

O fato dos dois grupos apresentarem elevada diversidade para as características estudadas demonstra que o ICE não possui associação

com estas características. Estes resultados podem ser explicados pelos fatores não genéticos que afetam a CE e pela dinâmica da conservação *in situ-on farm*. A seleção realizada, em geral, pelas agricultoras, está baseada não apenas em uma característica específica, mas em conjunto de características associadas, na maioria das vezes, à manutenção da identidade genética da variedade (Louette & Smale, 2000).

Tabela 2. Riqueza e diversidade morfológica baseada no Índice de Shannon (H') de 61 variedades locais de milho pipoca do Extremo Oeste de Santa Catarina.

Característica Fenotípica	Riqueza	Índice de Diversidade (H')		
		Total	Grupo 'a'	Grupo 'b'
Cor do grão	7	3,846	3,130	3,288
Forma de grão	3	4,026	3,197	3,453
Arranjo dos grãos na fileira	3	3,953	3,241	3,343
Forma da espiga	4	4,043	3,170	3,448
Número de fileiras	6	3,698	2,933	3,006

A diversidade de cores observada é um aspecto interessante do ponto de vista do melhoramento genético. O potencial nutricional de variedades locais de milho do EOSC vem sendo demonstrado por diversos estudos (Kuhnen et al., 2011; Kuhnen et al., 2012; Uarrota et al., 2012). Variedades de grãos coloridos contêm elevados teores de antocianinas, carotenoides e outros compostos antioxidantes.

Žilić et al. (2012) avaliaram o perfil metabólico de 10 genótipos de milho, dentre os quais dois correspondiam à variedades locais de milho pipoca. Os autores identificaram níveis significativamente superiores de conteúdo de carotenoides, em grãos alaranjados, e antocianinas, em grãos vermelhos, roxos e azuis, quando comparados com variedades de grãos brancos ou amarelos.

Dessa forma, estudos sobre o perfil metabólico de grãos de milho pipoca do EOSC é premente, considerando o elevado percentual de variedades locais (48%) portadoras de grão preto, vermelho, roxo, alaranjado ou multicolorido.

Em relação à percepção das agriculturas sobre a qualidade gastronômica das variedades (Figura 1), as características que apresentaram o maior percentual de indicações foram *maciez*, *rendimento de panela* e *sabor*. Entre as variedades identificadas como

macias, 13 pertencem ao grupo ‘a’. Para o mesmo grupo, oito variedades foram indicadas como *saborosas*.

A avaliação de características sensoriais requer testes com avaliadores, o que limita o número de amostras a serem analisadas. Por isso, as indicações das agricultoras sobre estes aspectos constituem uma ferramenta participativa interessante para estabelecer prioridades de avaliação em programas de melhoramento genético.

A identificação do conhecimento local e sua integração em programas de melhoramento genético participativo podem contribuir para a promoção da conservação da diversidade genética de variedades locais de milho pipoca do EOSC, na medida em que este recurso genético é valorizado. Da mesma forma, novos nichos de mercado podem ser explorados, com materiais que ao mesmo tempo tenham elevada capacidade de expansão, qualidade nutricional, qualidade gastronômica, além de terem neles embutidos as tradições culturais da região.

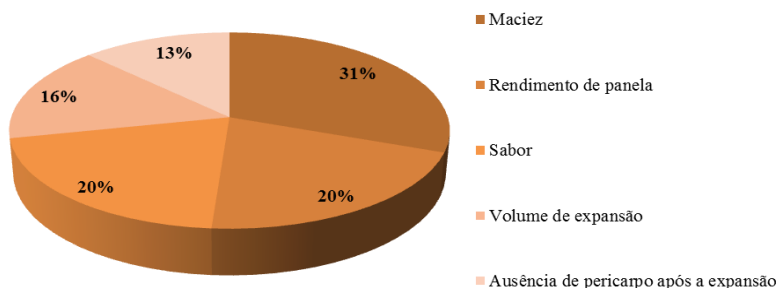


Figura 1. Percentual de indicação de valores de usos associados à qualidade gastronômica de 61 variedades locais de milho pipoca do Extremo Oeste de Santa Catarina.

O milho pipoca pode ser uma alternativa econômica interessante para a agricultura familiar do EOSC, mas para tanto, um conjunto de ações devem estar imbuídas no trabalho de pesquisa que envolve, dentre outros: (i) conhecer completamente a diversidade do germoplasma local conservado *in situ-on farm* em Santa Catarina; (ii) desenvolver estratégias para a conservação desse patrimônio genético mantido pelas agricultoras; (iii) desenvolver cultivares adaptadas aos agroecossistemas das diferentes regiões do Estado; (iv) pesquisar e

agregar valores comerciais com base em atributos nutricionais diferenciados dos grãos, particularmente perceptíveis nas variedades locais analisadas nesse estudo e; (v) estudar formas de inserção da produção em segmentos de mercado especiais, que valorizem os produtos locais desenvolvidos pela agricultura familiar.

4. CONCLUSÕES

Foi identificado um grupo de 34 variedades locais de milho pipoca, com ICE estatisticamente igual às testemunhas comerciais. Entre as variedades estudadas, existe uma importante diversidade fenotípica de grão e espiga, algumas delas associadas a características nutricionais especiais. As diferentes indicações de usos demonstram o conhecimento das agricultoras e sua importância na conservação *in situ-on farm* dos recursos genéticos de milho pipoca. Em geral, as variedades locais de milho pipoca do EOSC apresentam potencial para ser um produto local de qualidade e fonte de diversidade para o melhoramento genético. Novos estudos com ajustes na avaliação da capacidade de expansão são necessários para identificar o potencial de variedades caracterizadas com baixo ICE.

5. REFERÊNCIAS

- ABREU, M.M.; BORGES, J.M.; PINTO, L.I.F. et al. Avaliação da qualidade de diferentes marcas de milho pipoca. In: VII Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação. Anais VII CONNEPI. Palmas, Tocantins, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Registro Nacional de Cultivares - RNC. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 27 jan. 2015.
- COSTA, F.M.; SILVA, N.C.A.; OGLIARI, J.B. Corn diversity in southern Brazil: indication of a microcenter of Zea mays L. Genetic Resources and Crop Evolution (In press).
- HAMMING, R.W. Error detecting and error correcting codes. Bell System Technical Journal, n.29, v.2, p.147-160, 1950.
- KUHNEN, S.; MENEL LEMOS, P.M.; CAMPESTRINI, L.H.; et al. Carotenoid and anthocyanin contents of grains of Brazilian maize landraces. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 91, n. 9, p. 1548-1553, 2011.

- KUHNEN, S.; DIAS, P.F.; OGLIARI, J.B.; MARASCHIN, M. Brazilian Maize Landraces Silks as Source of Lutein: An Important Carotenoid in the Prevention of Age-Related Macular Degeneration. *Food and Nutrition Sciences*, v. 3, p.16090, 2012.
- LI, Y.; SHI, Y.S.; CAO, Y.S.; et al. A phenotypic diversity analysis of maize germplasm preserved in China. *Maydica*, n.47 p. 107-114, 2002.
- LOUETTE, D.; SMALE, M. Farmers' seed selection practices and traditional maize varieties in Cuzalapa, Mexico. *Euphytica*, v. 113, N.1, p. 25-41, 2000.
- LUZ, M.L.S.; DALPASQUALE, V.A.; SCAPIM, A.; et al. Influência da umidade das sementes na capacidade de expansão de três genótipos de milho-pipoca (*Zea mays* L.). *Acta Sci. Agron*, v. 27, n. 3, p. 549-553, 2005.
- MIRANDA, D. S.; DA SILVA, R. R.; TANAMATI, A. A. C.; et. Avaliação da qualidade do milho-pipoca. *Revista Tecnológica*, p.13-20, 2012.
- MIRANDA, G. V.; DE SOUZA, L. V.; GALVÃO, J. C. C.; et al. Genetic variability and heterotic groups of Brazilian popcorn populations. *Euphytica* v.162, v. 3, p. 431-440, 2008.
- NASCIMENTO, W.M.; BOITEUX, L.S. Influência do grau de umidade do grão na capacidade de expansão de milho-pipoca. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 12, p. 245-251, 1994.
- PACHECO, C.A.P.; CASTOLDI, F.L.; ALVARENGA, E.M. Efeito do dano mecânico na qualidade fisiológica e na capacidade de expansão de sementes de milho pipoca. *Revista Brasileira de Sementes*, v.18, p.267-270, 1996.
- PRASANNA, B.M. Diversity in global maize germplasm: Characterization and utilization. *J. Biosci.* v.37, p.843–855, 2012.
- SAWAZAKI, E. Melhoramento do milho-pipoca. São Paulo: Documentos do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), 1995.
- SHANNON, C.E. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, v.27, p.379-423, 1948.
- SILVA, F.A.S. The ASSISTAT software: Statistical assistance. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER, 6, Cancun, 1. Anais... American Society of Agricultural Engineers, p.294-298, 1996.

- SILVA, N.C.A.; COSTA, F.M.; VIDAL, R.; et al. O Papel das Mulheres na Conservação de Variedades Locais de Milho Pipoca do Oeste Catarinense. In: II Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos, 2012, Belém. Anais, 2012.
- SILVA, N.C.A.; VIDAL, R.; OGLIARI, J.B. Caracterización de la Conservación in situ-on farm de Maíces Criollos Palomeros del Sur de Brasil. In: XXV Congreso Nacional y V Internacional de Fitogenética, San Luis Potosí, México, 2014.
- SONG, A.; ECKHOFF, S.R. Optimum popping moisture content for popcorn kernels of different sizes. *Cereal Chem.*, St Paul, v. 71, p. 458-460, 1994.
- TEIXEIRA, W.G.; MALTA, C.G.; LEANDRO, W.M. Produtividade e avaliação da capacidade de expansão de milho pipoca crioulo em cultivo isolado e consorciado com feijão de porco. *Enciclopédia Biosfera*, v.8, n.14 p.779-786, 2012.
- UARROTA, V. G.; AMANTE, E. R.; DEMIATE, I. M; et al. Physicochemical, thermal, and pasting properties of flours and starches of eight Brazilian maize landraces (*Zea mays* L.). *Food Hydrocolloids*, v. 30, n. 2, p. 614-624, 2012.
- VITORAZZI, C.; AMARAL JUNIOR, A.T.; GONÇALVES, L.S.A; et al. Seleção de pré-cultivares de milho-pipoca baseados em índices não-paramétricos. *Revista Ciência Agronômica*, v.44, n.2, p.356-362, 2013.
- ZIEGLER K.E Popcorn. In: Hallauer AR (ed) Specialty corns. CRC Press, Boca Rato, Florida, pp205–240, 2001.
- ZIEGLER K.E.; ASHMAN, B. Popcorn. In: Hallauer AR (ed) Specialty corns. CRC Press, Boca Rato, Florida, pp189–223, 1994.
- ZIEGLER, K. E. Correlations of popping expansion and kernel hardness. Annual Report to the Popcorn Institute. Iowa State University, Ames, IA, 1983.
- ŽILIĆ, S., SERPEN, A., AKILLIOĞLU, G., GÖKMEN, V., VANČETOVIĆ, J. Phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins, and antioxidant capacity of colored maize (*Z. mays* L.) kernels. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(5), 1224-1231.
- ZINSLEY, J.R.; MACHADO, J.A. Milho-pipoca. In: Melhoramento e produção de milho no Brasil. Piracicaba, ESALQ: Fundação Cargill, p.339-348, 1978.

CAPÍTULO V

Raças de milho pipoca do Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil¹⁶

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi identificar raças de milho pipoca atualmente conservadas *in situ-on farm* nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina, e verificar as relações destas com outras raças do continente Americano. Para tanto, foram avaliadas 218 espigas de 70 populações de milho pipoca, coletadas em propriedades de agricultores familiares de ambos os municípios. Os dados foram obtidos com base nos descritores do milho para 16 características morfológicas da espiga e do grão. Verificou-se que as populações apresentaram variabilidade quanto às características avaliadas, principalmente em relação à cor de grão. As análises de agrupamento e de coordenadas principais, baseadas no Índice de Gower, permitiram evidenciar a presença de quatro grupos distintos. Os Grupos I e II não se agruparam com outras raças do continente Americano; já os Grupos III e IV possuem diferentes relações com outras raças de milho pipoca do continente Americano. Nesses dois municípios do Extremo Oeste de Santa Catarina, existem quatro raças de milho pipoca.

Termos para indexação: caracterização racial; conservação *in situ-on farm*; variedades locais; variabilidade fenotípica; *Zea mays* L. ssp. *mays*.

¹⁶Artigo em processo de elaboração. Autores: Natália Carolina de Almeida Silva, Rafael Vidal, Juliana Bernardi Ogliari.

ABSTRACT

This study aimed to identify popcorn races currently conserved *in situ-on farm* from municipalities of Anchieta e Guaraciaba in Far West of Santa Catarina State, South Brazil, as well as verify the relationships with the other races from Americas. Thus, 218 ears of 70 popcorn populations were collected from small-scale farms, aiming to evaluate them for corn descriptors through 16 morphological characters related to ear and grain. The populations showed variability for the characteristics evaluated, mainly for grain color. The cluster analysis and principal coordinates based on Gower index, have highlighted the presence of four distinct groups. Groups I and II are not grouped with other popcorn races of Americas; already Groups III and IV have different relationships with other popcorn races of Americas. In the region of study there are four popcorn races conserved *in situ-on farm*.

Index terms: racial characterization; *in situ* conservation *on farm*; landraces; phenotypic variability; *Zea mays* L. ssp. *mays*.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L. ssp. *mays*) apresenta ampla variabilidade e adaptação, por encontrar-se distribuído em diferentes ambientes e contextos culturais. Sua variabilidade genética é uma das maiores entre as espécies cultivadas, com aproximadamente 400 raças identificadas no mundo, sendo que 300 são do continente Americano (Matsuoka et al., 2002; Vigouroux et al., 2008).

Uma raça de milho se define como *‘um grupo de populações aparentadas, com suficientes características em comum para permitir seu reconhecimento como grupo’* (Anderson & Cutler, 1942). Esses autores consideraram que as características morfológicas da espiga e do grão foram essenciais para a classificação de raças. Posteriormente, Brieger et al. (1958) ampliaram o conceito e definiram raças como *‘um conjunto de populações em panmixia que ocupa uma área geográfica definida’*. O conceito é, portanto, baseado no agrupamento de populações similares com relação às características morfológicas e à origem geográfica.

A classificação de raças está organizada em diferentes níveis de diversidade. Um *complexo racial* é a unidade superior formada por um conjunto de raças com características comuns, como tipo, cor ou textura de endosperma e que, ao mesmo tempo, possuem certa variabilidade relacionada às características adaptativas, como precocidade. Da mesma forma, as *subraças* são unidades inferiores que diferem do grupo em apenas alguns detalhes (Brieger et al., 1958).

Embora o milho seja uma espécie alógama, as diferentes raças vêm sendo mantidas por séculos, inclusive coexistindo em pequenas áreas. Este fenômeno pode ser explicado por mecanismos de isolamento gametofítico, identificados em algumas raças (Padilla-García et al., 2012) e, principalmente, pelos processos de seleção conservativa realizados por agricultores (Louette & Smale 2000; Serpolay-Besson et al., 2014).

O estudo de raças realizado por Anderson & Cutler (1942) foi o início de uma série de trabalhos que permitiram estabelecer padrões preliminares sobre as relações genéticas e a distribuição geográfica da variabilidade de milho nas Américas. No Brasil e áreas adjacentes (Argentina, Paraguai, Uruguai, Chile, terras baixas da Bolívia e Guianas), a diversidade de raças da espécie foi inicialmente descrita por Cutler (1946), ampliada por Brieger et al. (1958) e complementada por

Paterniani & Goodman (1977). Este último trabalho é considerado a principal referência sobre o germoplasma de milho do Brasil, por ter organizado, identificado e sistematizado a variabilidade genética da espécie.

A classificação de raças proposta por Paterniani & Goodman (1977) foi baseada em 91 compostos formados a partir de 1.200 populações coletadas em todas as regiões do país e nas áreas adjacentes. Os autores identificaram 34 raças organizadas em quatro grupos, conforme o período de adaptação: *Indígenas*, *Comerciais Antigas*, *Comerciais Recentes* e *Exóticas*. Dez anos mais tarde, as relações entre as raças do Brasil e de outros países da América foram avaliadas por meio de taxonomia numérica e isoenzimas (Sánchez et al., 2007). Em geral, os resultados desse estudo foram concordantes com a classificação de Paterniani & Goodman (1977).

Particularmente em relação ao milho pipoca, a classificação de raças do Brasil foi baseada nos estudos de Brieger et al. (1958). Esse grupo não foi contemplado nas avaliações fenotípicas realizadas por Paterniani & Goodman (1977) e, portanto, não existem informações disponíveis com respeito à sua caracterização racial, e sim apenas uma breve descrição. Os autores relataram que entre as etnias indígenas que habitaram/habitam as terras baixas da América do Sul, aparentemente, somente os *Guaranis* cultivavam duas raças de milho pipoca: *Avatí Pichingá* de grãos pontiagudos e *Avatí Pichingá Ihú* de grãos redondos. Sua distribuição compreendia o Sul do Brasil, parte da Argentina, terras baixas da Bolívia e, praticamente, todo território paraguaio (Brieger et al., 1958; Paterniani & Goodman, 1977).

Após quase 40 anos, estudos que proponham uma ampliação do conhecimento sobre a atual diversidade de raças do país, sobretudo de milho pipoca, ou que verifiquem a variação dentro de uma região ecológica, microrregiões ou grupos raciais, não foram realizados, por considerar que a classificação de 1977 contemplou uma ampla área geográfica.

Sobre este aspecto, pesquisas posteriores à primeira caracterização feita por Wellhausen et al. (1951), para as raças de milho do México, permitiram ampliar o número de raças de 25 para 59 (Sánchez et al., 2000; Perales & Golicher, 2014). Isso mostra que trabalhos de caracterização racial realizados em microrregiões permitem um melhor ajuste das classificações originais, uma vez que as raças

apresentam uma associação estreita com suas áreas de origem, compreendendo inclusive, os aspectos socioculturais.

A região do Extremo Oeste de Santa Catarina constitui um micro-centro de diversidade de milho, por corresponder a uma área microgeográfica que contempla um elevado número de variedades locais e populações de parentes silvestres em convivência simpátrica. A maior parte da diversidade é explicada pelas mais de mil populações de milho pipoca, associada a uma expressiva riqueza de características morfológicas do grão e por seu uso tradicional na alimentação humana (Costa et al. no prelo).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi identificar raças de milho pipoca a partir de populações conservadas *in situ-on farm* na microrregião Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil, bem como verificar suas relações com outras raças do continente Americano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas 218 espigas de 70 populações de milho pipoca coletadas em propriedades de agricultores familiares dos municípios de Anchieta e Guaraciaba (Figura 1), em julho de 2013. Foram obtidos os dados de passaporte a respeito do material vegetal, segundo o conhecimento local.

A área de estudo (Figura 1) está localizada na mesorregião do Oeste e microrregião do Extremo Oeste desse Estado (EOSC), com clima mesotérmico úmido (Cfa de Köppen), temperatura média anual de 17,8 °C, precipitação pluviométrica anual em torno de 1.700 a 2.100 mm e a vegetação pertence ao Bioma Mata Atlântica (IBGE, 2010). Em conjunto ambos os municípios ocupam uma área de 558,7 km².

A caracterização das populações foi realizada com base nos descritores fenotípicos do milho (IPGRI, 1991) para as características da espiga e do grão. As variáveis avaliadas foram eleitas conforme o conceito de raças proposto por Anderson e Cutler (1942). Foram avaliadas sete características qualitativas e nove quantitativas, divididas em dois grupos: (i) no primeiro grupo, foram incluídas as características da espiga, obtidas de uma amostra que variou de uma a cinco espigas, cuja média foi de três espigas por população, sendo forma da espiga, arranjo de grãos nas fileiras, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, comprimento da espiga (cm), diâmetro da espiga (cm),

cor do sabugo, diâmetro do sabugo (cm) e diâmetro da ráquis (cm); (ii) no segundo grupo, foram incluídas as características do grão, obtidas de uma amostra consecutiva de 10 grãos da mesma fileira, sendo cor da coroa do grão, comprimento do grão (mm), largura do grão (mm), espessura do grão (mm), forma da superfície do grão, cor do pericarpo e cor do endosperma.



Figura 1. Localização das áreas de coleta de 70 populações locais de milho pipoca nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.

Os dados da caracterização morfológica foram analisados por meio de estatísticas descritivas. Para as variáveis qualitativas, foram obtidas as frequências absolutas de cada variação/categoria dentro da característica e o valor de maior frequência (moda) foi adotado para caracterizar a população para aquela variável. Para as variáveis quantitativas, foram obtidas as médias aritméticas.

Para estimar a distância entre as populações, foi obtida a matriz de similaridade baseada no Índice de Gower (1971), que combina variáveis qualitativas e quantitativas. Para as variáveis qualitativas utilizou-se a moda e os dados relativos às variáveis quantitativas foram estandarizados.

A partir da matriz de similaridade, foi realizada a análise de agrupamento hierárquico pelo método da ligação média não ponderada (UPGMA), com o objetivo de identificar grupos. Posteriormente, foi realizada a análise de coordenadas principais e estimado o menor polígono convexo, que contém todos os pontos de cada grupo, o qual auxilia na interpretação das relações de similaridade entre as populações e os grupos identificados.

Com base nos resultados destas análises, para cada grupo identificado foi obtida a média das variáveis quantitativas e a moda das variáveis qualitativas. Estes resultados foram utilizados em uma nova análise de agrupamento, em que foram incluídos dados disponíveis na literatura para outras raças de milho pipoca das Américas (Apêndice 4). Esta análise teve como objetivo validar a presença de grupos e verificar as relações entre raças.

Foram incluídas informações sobre as raças *Pichingá Redondo* e *Pichingá Aristado* do Paraguai (Sauhuana & Machado, 1999), *Curagua*, *Pisinkalla* e *Polulo* do Chile (Paratori et al., 1990), *Avatí Pichingá* da Argentina (Senigagliesi et al., 1997), *Pisingallo* do Uruguai (Gutiérrez et al., 2003), *Pura* e *Pisinkalla* da Bolívia (Avila et al., 1998) e *Palomero Toluqueño* do México (Wellhausen et al., 1951) (Apêndice 6). As informações sobre as raças de milho pipoca do Brasil descritas por Paterniani & Goodman (1977) não foram incluídas pela falta de dados disponíveis.

A análise de agrupamento foi realizada com base no Índice de Similaridade de Gower (1971), para 14 características morfológicas da espiga e do grão, sendo cor da cora do grão, forma da superfície do grão, forma da espiga, cor do sabugo, cor do endosperma, cor do pericarpo, número de fileiras, número de grãos por fileiras, comprimento da espiga (cm), diâmetro da espiga (cm), diâmetro do sabugo (cm), comprimento, largura e espessura do grão (mm). Todas as análises multivariadas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico PAST versão 3.04 (Hammer et al., 2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização fenotípica baseada nas variáveis qualitativas demonstrou que 39% das populações de milho pipoca apresentaram cor da coroa do grão *Branco*, 22% *Preto*, 21% *Alaranjado*, 4% *Púrpura*, 4% *Preto* e *Branco*, 3% *Amarelo*, 3% *Castanho*, 1% *Vermelho* e 1% *Branco*

e *Amarelo*. Para a forma de espiga, os percentuais foram de 53% para *Cônica-cilíndrica*, 43% para *Cônica* e 4% para *Cilíndrica*.

Em relação ao arranjo de fileiras, 67% das populações apresentaram disposição *Regular*, 17% *Espiral*, 13% *Direito* e 3% *Irregular*. Para a cor do sabugo, os percentuais foram de 90% e 10% para *Branco* e *Vermelho*, respectivamente. Em relação à forma da superfície do grão, verificou-se que 57% das populações apresentaram grãos *Redondos*, 33% *Pontiagudo* e 10% *Muito Pontiagudo*. Para a cor do pericarpo, os percentuais foram de 94% e 6% para *Incolor* e *Vermelho*, respectivamente. Em relação à cor do endosperma, os valores foram de 41% *Branco*, 24% *Preto*, 16% *Bronze*, 7% *Incolor*, 7% *Alaranjado* e 4% *Amarelo*.

As características morfológicas quantitativas (Tabela 1) que apresentaram maior variação foram número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga, comprimento da espiga e comprimento do grão. Para essas características, o desvio padrão foi de 5,7; 2,2; 2,2 e 1,2, nessa ordem, e os valores mínimos e máximos foram de 25,3 - 57; 12 - 22; 9,5 - 19,7 cm e; 6,4 - 13,5 mm, respectivamente.

Tabela 1. Média, desvio padrão e coeficiente de variação (CV%) de nove características morfológicas quantitativas da espiga e do grão de 70 populações locais de milho pipoca dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.

Característica morfológica	Média⁽¹⁾	Desvio padrão	CV (%)
Número de fileiras	15,1	2,2	14,6
Número de grãos por fileira	35,0	5,7	16,2
Comprimento da espiga (cm)	14,8	2,2	14,7
Diâmetro da espiga (cm)	3,1	0,4	12,0
Diâmetro da ráquis (cm)	2,0	0,1	16,7
Diâmetro do sabugo (cm)	1,6	0,3	14,8
Comprimento do grão (mm)	8,7	1,2	13,5
Largura do grão (mm)	5,7	0,9	15,5
Espessura do grão (mm)	3,7	0,6	15,6

⁽¹⁾Variáveis quantitativas associadas à espiga: médias estimadas a partir de três espigas; variáveis quantitativas associadas ao grão: médias estimadas a partir de 10 grãos consecutivos da mesma espiga.

Os mesmos resultados para comprimento e diâmetro de espiga foram encontrados por Cardozo et al. (2012), para 15 populações de milho pipoca coletadas na mesma região deste estudo. Costa et al. (no

prelo) mapearam a diversidade fenotípica de todas as populações locais de milho (comum, pipoca, farináceos e doces) conservadas *in situ-on farm*, nos municípios de Anchieta e Guaraciaba. As autoras identificaram 1.078 populações de milho pipoca, cujos percentuais para forma de grão *Redondo* e *Pontiagudo* foram de 52% e 44%, respectivamente. Esta proporção manteve-se nas 70 populações de milho pipoca avaliadas no presente estudo.

Entretanto, o significativo percentual de grãos pontiagudos é discordante das informações reportadas por Paterniani & Goodman (1977). Os autores relataram que populações com grãos pontiagudos eram raras e pouco cultivadas. Esta discordância poderia ser explicada por duas razões. A primeira estaria relacionada com o fato de que o maior percentual de populações com grãos pontiagudos ter sido introduzido no EOSC posteriormente aos estudos de Paterniani & Goodman (1977). No entanto, considerando as 70 populações avaliadas nesse estudo, a proporção de populações com grãos pontiagudos e redondos com mais de 30 anos foi a mesma.

A segunda razão da discordância com as informações reportadas na literatura diz respeito às diferenças de amostragem em relação ao número de populações analisadas. Na presente pesquisa, o número de populações de milho pipoca estudado foi 17,5 vezes maior que o número de acessos de milho pipoca mantido pela Embrapa coletados na mesma região de estudo, com data de entrada no BAG Milho de 1978 (comunicação pessoal).

A análise de agrupamento baseada no Índice de Similaridade de Gower (Figura 2), cujo valor do coeficiente de correlação cofenética foi de 0,8, gerou quatro grupos distintos, considerando a distância de corte de 0,24. O Grupo I (Tabela 2) foi formado por quatro populações (1161B, 2423A, 2489E e 2080B) e caracteriza-se por possuir cor da cora do grão predominantemente púrpura, forma da superfície do grão pontiagudo e cor do sabugo vermelho. O Grupo II foi formado por duas populações (942B e 2566A) e caracteriza-se por possuir cor do grão alaranjado, forma da superfície do grão redondo, número de fileiras (22) superior à média dos demais grupos e comprimento de espiga (10,0 cm) inferior à média dos demais grupos.

Os Grupos III e IV, formados por 35 e 28 populações, respectivamente, apresentaram-se mais homogêneos entre si. As populações do Grupo III caracterizaram-se por possuir cor da coroa do grão predominantemente preto, forma do grão predominantemente

redondo, cor do endosperma predominantemente preto e cor do sabugo branco. As populações do Grupo IV caracterizaram-se por possuir cor da coroa do grão predominantemente branco, forma do grão predominantemente pontiagudo, cor do endosperma predominantemente branco e cor do sabugo branco.

A população 2279X não formou grupos. Caracteriza-se por possuir cor da coroa do grão vermelho, número de fileiras (29,0) inferior à média dos demais grupos e, comprimento da espiga (19,0 cm), diâmetro da espiga (4,1 cm), comprimento do grão (11,4 mm), lagura do grão (7,3 mm) e espessura do grão (4,5mm) superiores à média dos outros grupos.

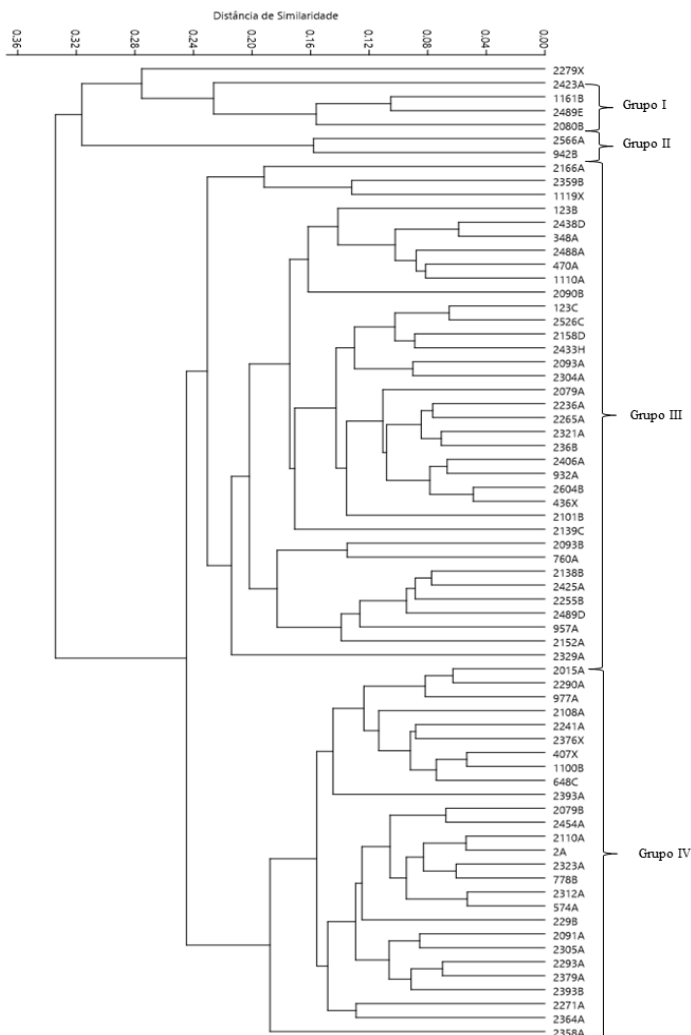


Figura 2. Análise de agrupamento pelo método UPGMA para a matriz de distância constituída pelo Índice de Similaridade de Gower (1971), estimado com base em 16 características morfológicas do grão e espiga, avaliadas em 70 populações locais de milho pipoca dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.

Tabela 2. Caracterização morfológica dos grupos de milho pipoca identificados pelo método de agrupamento UPGMA a partir de 70 populações locais dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina.

Característica morfológica⁽¹⁾	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV	População 2279X
Cor da coroa do grão	Púrpura	Alaranjado	Preto	Branco	Vermelho
Forma da espiga	Cônica-cilíndrica	Cônica-cilíndrica	Cônica-cilíndrica	Cônica-cilíndrica	Cônica-cilíndrica
Arranjo das fileiras	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Número de fileiras	15,9	22,0	14,9	14,7	16,0
Número de grãos por fileira	34,2	34,0	37,3	32,5	29,0
Comprimento da espiga (cm)	13,1	10,9	14,9	15,0	19,0
Diâmetro da espiga (cm)	3,2	3,3	2,9	3,3	4,1
Diâmetro da ráquis (cm)	1,7	2,0	1,5	1,8	2,1
Diâmetro do sabugo (cm)	2,1	2,6	1,8	2,1	2,6
Cor do sabugo	Vermelho	Vermelho	Branco	Branco	Vermelho
Forma da superfície do grão	Pontiagudo	Redondo	Redondo	Pontiagudo	Redondo
Comprimento do grão (mm)	8,5	9,1	8,2	9,2	11,4
Largura do grão (mm)	5,4	4,1	5,6	6,0	7,3
Espessura do grão (mm)	3,3	2,4	3,5	4,0	4,5
Cor do pericarpo	Vermelho	Incolor	Incolor	Incolor	Vermelho
Cor do endosperma	Incolor	Bronze	Preto	Branco	Incolor

⁽¹⁾Variáveis quantitativas obtidas a partir da média de cada grupo; variáveis nominais classificadas com base na moda de cada grupo.

A presença de quatro grupos de milho pipoca para o conjunto de populações estudado foi um indicador da existência de variabilidade entre elas, assim como do nível de variação presente nos caracteres avaliados.

Gutiérrez et al. (2003), estudando a classificação racial da coleção de milho do Uruguai pelo método Ward MLN, verificaram que as 23 populações de milho pipoca formaram um único grupo. Andrade et al. (2002) avaliaram 324 acessos de milho do Banco Ativo de Germoplasma de Milho (BAG Milho) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) quanto à cor de grão, características fenológicas e agrônomicas. Os autores identificaram quatro grupos distintos para 13 populações de milho pipoca coletadas na região central do país.

Considerando que a área de coleta das populações de milho pipoca do EOSC foi restrita a uma microrregião que, aparentemente não apresenta diferenças relevantes em relação ao ambiente, então a variabilidade observada nas populações dessa área geográfica pode ser atribuída fundamentalmente à seleção realizada pelos agricultores.

De fato, a seleção feita com base nas características da espiga e do grão pelas agricultoras dos municípios de Anchieta e Guaraciaba foi observada nos estudos realizados por Silva et al. (2014). Esses autores identificaram que as agricultoras adotaram 16 critérios de seleção para o milho pipoca, sendo que 97% das indicações foram relacionadas às características como cor e forma do grão, forma e tamanho da espiga e arranjo de grãos nas fileiras. Este aspecto foi concordante com o estudo realizado por Louette & Smale (2000), ao verificarem que os agricultores do Estado de Jalisco, México, selecionavam um conjunto de características, principalmente do grão e espiga, para diferenciar raças conservadas *in situ-on farm*.

Hortelano et al. (2008) verificaram que a cor de grão e, não origem geográfica, foi o critério mais importante que determinou as diferenças entre os grupos identificados para 54 populações de milho de uma microrregião do Estado de Puebla, México. Serpolay-Besson et al. (2014), avaliando a seleção de agricultores em populações de milho da França e da Itália, identificaram mudanças nas características fenológicas como florescimento, enquanto que características de forma e cor do grão e da espiga mantiveram-se iguais.

Em conformidade, Herrera et al. (2000) determinaram que os caracteres da espiga, em geral, apresentaram de baixa a moderada

interação genético-ambiental, o que favorece sua utilização na classificação de raças de milho. Algumas variáveis utilizadas para caracterizar as populações do EOSC também foram adotadas por este e outros autores para mensurar ou diferenciar a diversidade de populações de milho em raças (Herrera et al., 2000; Mijangos-Cortés et al., 2007).

No caso das raças de milho pipoca do Brasil, a breve descrição realizada por Brieger et al. (1958) e Paterniani & Goodman (1977) sugeriu que a forma do grão foi a principal característica que diferencia as raças *Avatí Pichingá* e *Avatí Pichingá Ihú*. De forma geral, as raças foram caracterizadas por apresentarem cor do endosperma predominantemente branco, com segregação para preto ou vermelho; cor do pericarpo incolor, vermelho, alaranjado e variegado, sendo que a raça *Avatí Pichingá* possuía grãos pontiagudos e comprimento médio de espiga de 12 cm, enquanto que a raça *Avatí Pichingá Ihú* possuía populações de grãos redondos e comprimento médio de espiga de 15 cm (Brieger et al. 1958; Paterniani & Goodman (1977).

A análise de coordenadas principais (Figura 3) mostrou claramente a estrutura da análise de agrupamento (Figura 2), pois congregou as populações segundo os grupos definidos anteriormente e a dispersão da população 2279X. As coordenadas um, dois e três explicaram 48% da variação fenotípica estudada.

Os grupos identificados compartilharam algumas características em maior ou menor grau, mas existem aquelas que foram exclusivas e determinantes de cada um (Tabela 2). Este aspecto também pode ser um indicador da presença de subraças ou populações inter-raciais dentro de cada grupo. Isso porque a diferença entre grupos não foi absoluta, em função da variabilidade interna de raças que coexistem na mesma região. Muitos indivíduos apresentaram combinações de características de duas ou mais raças, com segregação de caracteres como cores e formas de grão em uma mesma espiga.

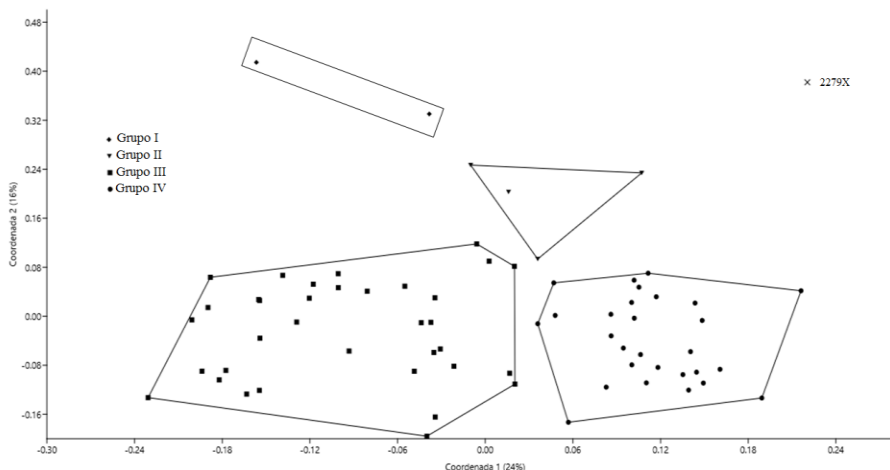


Figura 3. Análise de coordenadas principais da matriz de distância constituída pelo Índice de Similaridade de Gower (1971) e estimado a partir de 16 características morfológicas do grão e da espiga 70 populações locais de milho pipoca dos municípios de Anchieta e do Extremo Oeste de Santa Catarina.

A análise de agrupamento (Figura 4) dos quatro grupos mais a população 2279X em conjunto com outras raças de milho pipoca do continente Americano demonstrou com maior precisão as diferenças entre os grupos do EOSC e suas relações. Com base no valor do coeficiente de correlação cofenética de 0,9 e considerando uma distância de corte de 0,25, foram identificados dois grupos.

O Grupo A foi formado pelas raças *Pichingá Redondo* do Paraguai (Py), *Curagua* do Chile (Ch), *Pisinkalla* da Bolívia (Bo) e pelo Grupo III do EOSC. O Grupo B foi formado pelas raças *Pichingá Aristado* do Paraguai (Py), *Pura* da Bolívia (Bo), *Pisinkalla* do Chile (Ch), *Palomero Toluqueño* do México (Mx), *Pisingallo* do Uruguai (Uy), *Avatí Pichingá* da Argentina (Ag) e pelo Grupo IV do EOSC. A raça *Polulo* do Chile (Ch), os Grupos I e II e a população 2279X do EOSC não formaram grupo.

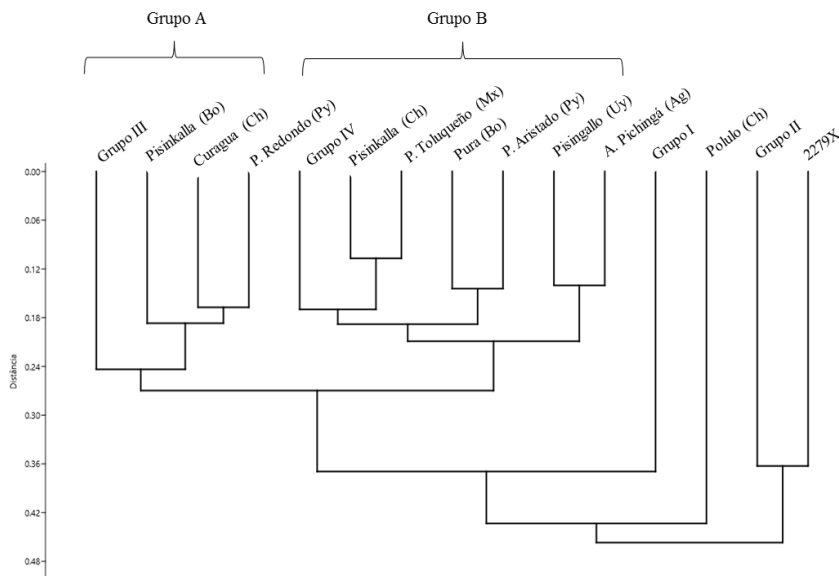


Figura 4. Análise de agrupamento pelo método UPGMA para a matriz de distância constituída pelo Índice de Similaridade de Gower (1971), estimado com base na avaliação de 14 características morfológicas do grão e espiga para os grupos dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina e raças de milho pipoca das Américas.

O primeiro estudo das relações filogenéticas entre as raças do continente Americano foi realizado por Goodman & Bird (1977). Os autores verificaram que as raças de milho pipoca *Avatí Pichingá*, *Polulo* e *Pisinkalla* do Chile que possuem grãos pontiagudos são derivadas possivelmente de introduções da raça *Palomero Toluqueño* do México, o que coincidiu com os resultados obtidos para o Grupo B, com exceção da raça *Polulo* (Figura 4).

Sauhuana & Machado (1999) sugeriram que provavelmente a raça *Pichingá Redondo* do Paraguai está relacionada às raças *Pisinkalla* da Bolívia e *Curagua* do Chile, ambas de grãos redondos. Outras raças pertencentes ao mesmo grupo filogenético são *Pira* e *Pira Naranja* da Colômbia e *Perlilla* do Peru. A raça *Avatí Pichingá* do Brasil provavelmente está relacionada às raças de grãos pontiagudos *Confite Morocho* e *Confite Pontiagudo* do Peru e *Pisingallo* e *Avatí Pichingá* da

Argentina. Estas informações também foram coincidentes com o resultado da análise de agrupamento (Figura 4).

Sobre os grupos de milho pipoca do EOSC, pelo menos, três aspectos foram relevantes. O primeiro deles foi os Grupos II e IV com distintas raças do continente Americano, comprovando que existiram diferenças entre eles. O segundo aspecto foi que a raça *Pichingá Redondo* e o Grupo III pertenceram ao mesmo grupo (A) e a raça *Pichingá Aristado* e o Grupo IV pertenceram ao Grupo B. Dentre as 10 raças analisadas, *Pichingá Redondo* e *Pichingá Aristado* são as que mais se aproximaram da descrição feita por Paterniani & Goodman (1977) para as raças de milho pipoca do Brasil. O último aspecto foi a divergência dos Grupos I e II em relação às demais raças.

Com base nesses resultados, os quatro grupos identificados corresponderam a quatro raças, sendo que pelo menos duas delas constituiu novas raças (Grupos I e II). Entretanto, a falta de informações completas a respeito das raças de milho pipoca do Brasil dificulta a classificação de populações coletadas na atualidade. Além do mais, considera-se que conservação *in situ-on farm* é dinâmica em sua essência; a contínua pressão de seleção praticada pelos agricultores e imposta pelo agroecossistema, associada ao aparecimento de mutações e à introgressão de alelos por migração de pólen ou mistura de sementes, podem resultar em uma diferenciação das populações em relação àquelas descritas nas primeiras classificações de raças.

Para ilustrar tal fato, Hortelano et al. (2008) e Aguilar-Castillo et al. (2006) verificaram que populações pertencentes à raça *Jala* e *Cônico* oriundas de novas coletas realizadas no México diferiram das populações coletadas e descritas anteriormente por Wellhausen et al. (1951). No norte da Espanha, Ruiz de la Galarretera & Álvarez (2001) identificaram sete grupos, sendo que apenas um foi coincidente com a primeira classificação de raças realizada naquele país.

Estes trabalhos mostraram que as raças evoluem com o tempo, formando uma nova diversidade. Certamente, estudos de diversidade ao nível de raças são importantes para a conservação *ex situ* e para os programas de melhoramento genético e, por isso, têm sido historicamente utilizados para auxiliar a avaliação, caracterização e organização da diversidade do germoplasma conservado em bancos de germoplasma. Entretanto, no Brasil, o conceito tem sido pouco aplicado ao contexto da conservação *in situ-on farm*, o qual poderia ser utilizado para caracterizar a diversidade de uma dada região, bem como para

identificar e monitorar processos de erosão genética. Em função da complexidade e dinamismo da conservação realizada pelos agricultores, a classificação de raças pode contribuir para monitorar ‘*o que está sendo conservado*’, ‘*onde está localizado*’, ‘*seus valores potenciais de uso e cultivo*’ e ‘*sua distribuição geográfica*’.

As quatro raças de milho pipoca identificadas na microrregião do EOSC coloca em relevância a necessidade de desenvolver novos estudos orientados para pequenas áreas, com o intuito de ampliar a informação existente, determinar a dinâmica da diversidade genética em complexos raciais ou nichos ecológicos e verificar se existem variantes de uma determinada raça ou novas raças. Da mesma forma, estudos filogenéticos envolvendo as raças identificadas nessa pesquisa também podem contribuir para o conhecimento da diversidade de milho pipoca da região com respeito às suas respectivas condições de raças derivadas de outras já existentes ou de raças distintas de qualquer outra descrita até o momento. Finalmente, futuros trabalhos que caracterizem as coletas originais que estão conservadas *ex situ* no Brasil e em outros países, descritas como *Avatí Pichingá* e *Avatí Pichingá Ihú*, são necessários para comparar com a atual diversidade presente no EOSC e em outras regiões do país.

3. CONCLUSÕES

1. As características morfológicas da espiga e do grão permitem descrever e estruturar a diversidade de milho pipoca em raças.
2. As populações de milho pipoca do EOSC possuem variabilidade genética quanto às características morfológicas da espiga e do grão.
3. As populações de milho pipoca do EOSC avaliadas estabelecem associações que configuram a formação de quatro raças.
4. As populações de milho pipoca do EOSC possuem distintas relações com outras raças da América, que devem ser elucidadas.

4. REFERÊNCIAS

AGUILAR-CASTILLO, J.A.; CARBALLO-CARBALLO, A.; CASTILLO-GONZÁLEZ, F.; SANTACRUZ-VARELA, A.; MEJÍA-CONTRERAS, J.A.; CROSSA, J.; BACA-CASTILLO, G. Diversidad fenotípica y variantes distintivas de la raza Jala

- de maiz. *Agricultura Técnica em México*, v.32, n.1, p.57-66, 2006.
- ANDERSON, E.; CUTLER, H. Races of *Zea mays*. I. Their recognition and classification. *Ann. Mo. Bot. Gard*, v.29, p.69-89, 1942.
- ANDRADE, R.V.; SANTOS, M.X.; SILVA, A.; OLIVEIRA, A.C. Avaliação de acessos de milho crioulo coletados na região central do Brasil. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.1, n.2, p.67-74, 2002.
- AVILA, G.; GUZMÁN, L.; CÉSPEDES, M. Catálogo de recursos genéticos de maíces bolivianos. Centro de Investigaciones Fitogenéticas de Pairunani, Cochabamba, Bolívia, p.212, 1998.
- BIRD, R.M.; GOODMAN, M.M. The races of maize V: grouping maize races on the basis of ear morphology. *Econ. Bot.*, v.31, p.471-481, 1977.
- BRIEGER, F.G.; GURGEL, J.T.A.; PATERNIANI, E.; BLUMENSCHIN, A.; ALLEONI, M.R. Races of maize in Brazil and other eastern South American countries. Pub. 953. NAS-NRC, Washington, D.C, 1958.
- CARDOZO, A.M.; GONÇALVES, G.M.B.; SOUZA, R. de; CANCI, A.; LAZZARI, L.; GUADAGNIN, C.A.; OGLIARI, J.O. Avaliação participativa de variedades locais de milho-pipoca conservadas por agricultores tradicionais do Oeste de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2012, Belém. Anais. Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, p.1-4, 2012.
- COSTA, F.M.; SILVA, N.C.A.; OGLIARI, J.B. Corn diversity in southern Brazil: indication of a microcenter of *Zea mays* L. Genetic Resources and Crop Evolution (no prelo).
- CUTLER, H.C. Races of maize in South America. *Bot. Mus. Leaflet*, v.12, p.257-299, 1946.
- GOODMAN, M.M.; BIRD, R.M. The races of maize IV: Tentative grouping of 219 Latin America races. *Economic Botany*, v.31, n.2, p.204-221.
- GOWER, J.C. A General Coefficient of Similarity and Some of Its Properties. *Biometrics*, v. 27, v.4, p.857-871, 1971.
- GUTIÉRREZ, L.; FRANCO, J.; CROSSA, J.; ABADIE, T. Comparing a preliminary racial classification with a numerical classification of the maize landraces of Uruguay. *Crop Science*, v. 43, n. 2, p. 718-727, 2003.

- HAMMER, Ø.; HARPER, D.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, v.4, p.1-9, 2001.
- HERRERA, B.E.; CASTILLO, F.; SÁNCHEZ, J.J.G.; ORTEGA, R.P.; GOODMAN, M.M. Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso la raza Chalqueño. *Revista Fitotecnia Mexicana*, v.23, p.335-354, 2000.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (2010). <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>. Accessed 29 February 2012
- IPGRI. Descriptors for maize/Descriptores para maíz/Descripteurs pour le maïs. International Board for Plant Genetic Resources, (IBPGR), Rome, (Italy), 1991.
- LOUETTE, D.; SMALE, M. Farmers' seed selection practices and traditional maize varieties in Cuzalapa, Mexico. *Euphytica*, v. 113, n.1, p. 25-41, 2000.
- MATSUOKA, Y.; VIGOUROUX, Y.; GOODMAN, M.M.; SÁNCHEZ, J.J.; BUCKLER, E.; DOEBLEY, J.F. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, v.99, n.9, p.6080-6084, 2002.
- MIJANGOS-CORTÉS, J.O.; CORONA-TORRES, T.; ESPINOSA-VICTORIA, D.; MUÑOZ-OROZCO, A.; ROMERO-PEÑALOZA, J.; SANTACRUZ-VARELA, A. Differentiation among maize (*Zea mays* L.) landraces from the Tarasca Mountain Chain, Mexico and the Chalqueño complex. *Genetic Resources and Crop Evolution*, v.54, p.309-325, 2007.
- PADILLA-GARCÍA, J.M.; SÁNCHEZ, J.J.G.; LARIOS, L.C.; RUIZ CORRAL, J.A.; RON PARRA, J.; RIVERA, M.M.M. Incompatibilidad gametofítica en las razas mexicanas de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, v.3, n.3, p.525-537, 2012.
- PARATORI, O.B.; SBÁRBARO, R.H.; VILLEGAS, C.M. Catálogo de recursos genéticos de maíz de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago, Chile, p.210, 1990.
- PATERNIANI, E.; GOODMAN, M.M. Races of Maize in Brazil and Adjacent Areas. CIMMYT, Mexico City, 1977.
- PERALES, H.; GOLICHER, D. Mapping the diversity maize races in Mexico. *PloS One*, n.9, v.12, p.1-20, 2014.

- RUIZ DE GALARRETA J.I.; ÁLVAREZ A. Morphological classification of maize landraces from northern Spain. *Genet Res Crop Evol*, v.48, p.391-400, 2001.
- SÁNCHEZ, J.J.G.; GOODMAN, M. M.; STUBER, C.W. Racial diversity of maize in Brazil and adjacent areas. *Maydica*, v.52, p.13-30, 2007.
- SÁNCHEZ, J.J.G.; GOODMAN, M.M.; STUBER, C.W. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ. Bot.* 54: 43-59, 2000.
- HORTELANO, S.R.R; GIL, A.M.; SANTACRUZ-VARELA, A.; MIRANDA, S.C.; CÓRDOVA, T.C. Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. *Agricultura Técnica en México*, v.34, n.2, p.189-200, 2008.
- SAUHUANA, W.; MACHADO, V. Razas de maíz en Paraguay. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service & The Maize Program of the Paraguayan Ministry of Agriculture and Livestock, p.143,1999.
- SENIGAGLIESI, C.; SCOPPA, C.O.; FREGGIARO, D.A.; MARTÍNEZ, A.J.; CLAUSEN, A.; POLIDORO, O.; FERRER, M. Catálogo de germoplasma de maíz Argentina. Instituto Agronomico per L'outremare, Firenze, Itália, p.303, 1997.
- SERPOLAY-BESSON, E., GIULIANO, S., SCHERMANN, N., CHABLE, V. Evaluation of Evolution and Diversity of Maize Open-Pollinated Varieties Cultivated under Contrasted Environmental and Farmers' Selection Pressures: A Phenotypical Approach. *Open Journal of Genetics*, v.4, n. 2, p.125-145, 2014.
- SILVA, N.C.A.; VIDAL, R.; OGLIARI, J.B. Caracterización de la Conservación in situ-on farm de Maíces Criollos Palomeros del Sur de Brasil. In: XXV Congreso Nacional y V Internacional de Fitogenética, San Luis Potosí, México, 2014.
- VIGOUROUX, Y.; GLAUBITZ, J.; MATSUOKA, Y.; GOODMAN, M.M.; SÁNCHEZ, G.J.; DOEBLEY, J.F. Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by DNA microstellites. *American Jornal of Botany*, v.95, p.1240-1253, 2008.
- WELLHAUSEN, E.J.; ROBERTS, L.M.; HERNÁNDEZ, X.E. (en colaboración con P. C. Mangelsdorf). Razas de Maíz en México. Su origen, características y distribución. Folleto

Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D.F, p.23-47, 1951.

CAPÍTULO VI

Estudo preliminar das relações filogenéticas entre populações de milho pipoca do Extremo Oeste de Santa Catarina e outros países da América¹⁷

1. INTRODUÇÃO

O milho é a principal espécie domesticada das Américas. A espécie foi domesticada a partir de populações de teosinto da subespécie *Zea mays* L. ssp. *parviglumis*, na região do Vale do Rio Balsas, sul do México, há aproximadamente 9.000 anos AP¹⁸ (Matsuoka et al., 2002; Buckler & Stevens, 2006; Vigouroux et al., 2008; van Heerwaarden et al., 2011). Evidências microbotânicas da espécie encontradas nesta região dataram de 8.700 anos AP (Piperno et al., 2009).

A dispersão do milho ocorreu desde o início do seu processo de domesticação. Registros arqueológicos em Oaxaca, México, datam de 6.250 anos AP (Benz, 2001), e no Estado de Tabasco, também no México, de 7.300 anos AP (Pohl et al., 2007). Na América do Sul, os registros mais antigos foram identificados no Equador, datados de 6.000 anos AP (Bush et al., 1989), e na Costa do Peru, de 6.775 - 6.504 anos AP (Grobman et al., 2012), sendo este último referente ao milho pipoca. Nas terras baixas da América do Sul, os registros datam de 4.000 anos AP, no Uruguai (Iriarte et al., 2009), 1.400 anos AP, na Argentina (Lia et al., 2007) e 940 anos AP, no Brasil (Freitas et al., 2003).

A expansão do milho para a América do Sul ainda é incerta. McClintock et al. (1981) investigaram o padrão de *knobs* cromossômicos e sugeriram que o milho foi inicialmente introduzido nos Andes centrais e depois foi amplamente disperso para as regiões das terras altas e terras baixas do continente, migrando em direção ao sul e ao longo da costa leste do Brasil, em tempos relativamente recentes.

Estudos posteriores, realizados a partir de dados gerados com marcadores moleculares, sugeriram que este processo teria ocorrido das terras altas do México até o oeste e sudoeste das terras baixas desse país;

¹⁷Estudo realizado no Centro Internacional de Melhoramento e Trigo (CIMMYT), México, em parceria com o Projeto *Seed Discovery* – MASAgro.

¹⁸AP é abreviação da expressão *Antes do Presente*, que significa *antes do presente*; o ano de 1950 é a data de referência.

seguiu pela Guatemala, chegando primeiramente nas terras baixas da América do Sul e depois atingiu a região Andina, em um período posterior (Matsuoka et al., 2002).

Estudos realizados por Freitas et al. (2003), com base na análise dos dados da sequência do gene da *álcool-desidrogenase 2 (Adh2)*, sugeriram que a dispersão do milho na América do Sul ocorreu em duas direções. A primeira rota introdutória de alelos partiu da América Central, descendo pelo oeste dos Andes até o Peru e Chile, por volta de 5.000 anos AP. A segunda ocorreu ao longo da costa leste do continente, provavelmente por volta de 2.000 anos AP. Um estudo mais recente avaliando amostras de milho arqueológico e moderno da Argentina, incluindo milho pipoca, sugeriu que a expansão do milho na América do Sul ocorreu inicialmente nos Andes e, posteriormente nas terras baixas (Lia et al., 2007).

No Brasil, o milho pipoca já era cultivado antes do processo de colonização. Entre as etnias indígenas que habitaram/habitam as terras baixas da América do Sul, aparentemente somente os *Guaranis* cultivavam/cultivam milho pipoca (Brieger et al., 1958; Paterniani & Goodman, 1977). Os *Guaranis* ocuparam/ocupam o Paraguai, parte da Bolívia e o sul do Brasil; cultivavam além das raças de milho pipoca *Avatí Pichingá* e *Avatí Pichingá Ihú*, o milho *Avatí Morotí*, de endosperma farináceo e grãos amarelos e, o Cristal, de endosperma duro e grãos brancos, denominado de *Avatí Tupí*.

O milho pipoca é um elemento cultural alimentar dos agricultores dos municípios de Anchieta e Guaraciaba. Seu uso tradicional, associado à diversidade de morfológica e ao elevado número de variedades locais cultivadas nesta microrregião, constitui uma rica fonte de evidências cultural e biológica a partir da qual se poderia reconstruir o processo de dispersão do milho pipoca, bem como obter informações sobre a origem das populações dessa região.

Se os povos indígenas *Guaranis* constituíam a única etnia das terras baixas da América do Sul que cultivavam e consumiam o milho na forma de pipoca, é provável que parte da diversidade de variedades locais de milhos pipocas do EOSC seja procedente das próprias terras baixas do continente Sul Americano.

Com base nessa suposição, o presente estudo teve como objetivo verificar as relações filogenéticas entre as populações de milho pipoca do Extremo Oeste de Santa Catarina e outras populações do continente Americano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas 74 populações de milho pipoca procedentes dos municípios de Anchieta e Guaraciaba (Apêndice 5), microrregião do Extremo Oeste de Santa Catarina, região sul do Brasil. O germoplasma constitui a coleção nuclear (CN) de variedades locais de milho pipoca conservadas *in situ-on farm* por agricultores familiares desses dois municípios (Vidal et al., 2012). O tamanho da amostra é, portanto, é representativo da diversidade morfológica do número total de populações de milho pipoca (1.078) identificado dentro da área de abrangência do presente estudo.

A CN foi definida com base na estratégia de Maximização (M), desenvolvida por Schoen & Brown (1993). Ela avalia a diversidade de todas as possíveis coleções nucleares e escolhe aquela com a máxima diversidade obtida com o menor número de acessos. Os critérios utilizados por Vidal et al. (2012) foram cor de grão, forma do grão, tamanho do grão, latitude, longitude, tempo de cultivo, 37 valores associados aos usos e preferências dos agricultores e classificação do acesso, segundo o risco de erosão genética.

As populações de milho pipoca de outros países das Américas foram representadas por uma amostra de 162 acessos (Tabela 1), mantidos pelo Banco de Germoplasma de Milho do Centro Internacional de Melhoramento de Trigo e Milho (CIMMYT). As informações foram concedidas pelo CIMMYT e pelo Projeto *Seed Discovery*-MASAgro, desenvolvido pela mesma instituição. Este projeto tem como objetivo sequenciar todos os acessos do banco de germoplasma do CIMMYT.

Tabela 1. Procedência dos 162 acessos de milho pipoca mantidos pelo Banco de Germoplasma de Milho do CIMMYT e número de acessos avaliados por país.

Região	País	Número de acessos
América do Sul	Brasil	23
	Argentina	17
	Chile	15
	Paraguai	14
	Equador	12
	Uruguai	11
	Bolívia	10
	Peru	10
	Venezuela	10
	Colômbia	5
	Guiana	2
América Central e Caribe	Guatemala	8
	Costa Rica	4
	Panamá	2
	Cuba	1
	El Salvador	1
América do Norte	México	16
	Estados Unidos	1
Total		162

⁽¹⁾ As informações contidas nos dados de passaporte como local de coleta em cada país, classificação de raças e data de coleta estão em processo de revisão e, portanto, não foram incluídas nas análises e discussão dos resultados.

2.2 Extração de DNA

Esta etapa foi realizada no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O germoplasma coletado no EOSC foi semeado em bandejas de isopor, acondicionadas em casa de vegetação. Foram obtidas folhas de 67 populações para a extração de DNA, realizada pelo método CTAB (brometo de cetil-trimetilamônio), conforme o protocolo de Doyle & Doyle 1990. Para tanto, foram obtidos dois *bulks* de folhas de 15 indivíduos cada um por população (Warburton et al. 2010; Warburton et al. 2011), a partir de um fragmento de folha jovem fresca de 1-1,5 cm², coletado na terceira semana após o plantio. A extração de DNA foi realizada para cada *bulk* separadamente, totalizando duas extrações por população. A qualidade do DNA foi verificada em gel de eletroforese horizontal com 1% de

agarose, corado com SYBR Green, utilizando-se o tampão TAE 0,5x (Tris-Acetato-EDTA), por uma hora a 60 V. A quantificação e a pureza do DNA foram efetuadas em espectrofotômetro *Thermo Scientific Nanodrop 1000*. Posteriormente, foi obtida uma amostra composta (30 indivíduos) a partir dos dois *bulks* para a realização das análises de sequenciamento. Esta etapa foi realizada no Laboratório de Pesquisa em Agrobiodiversidade (LAGROBio) do CCA-UFSC.

2.3 Sequenciamento

O sequenciamento do DNA foi realizado no CIMMYT com auxílio da equipe de pesquisadores e técnicos da instituição, em parceria com a empresa *Diversity Arrays Technology* da Austrália. Foram obtidos 6.070 marcadores de polimorfismo de nucleotídeo único (SNPs) pelo método de *genotipagem por sequenciamento* (GBS), conforme o protocolo proposto por Elshire et al. (2011). A biblioteca GBS foi preparada com base em 67 amostras de DNA, um controle negativo (sem DNA) e um controle de reprodutibilidade (DNA da amostra localizada no poço *AI*), totalizando 69 amostras. As amostras foram digeridas individualmente com enzimas de restrição específica (ApeKI, GCWGC, em que W é A ou T) para milho, por duas horas (Elshire et al., 2011).

No processo de digestão foram adicionados os adaptadores (*barcode*) que se ligam aos fragmentos de DNA. Os *barcodes* foram constituídos por 69 diferentes adaptadores contendo uma sequência específica para cada amostra (identificador) e um adaptador comum, conforme Elshire et al. (2011).

Após o processo de digestão e ligação foi realizada a amplificação seletiva dos fragmentos por PCR (reação de polimerase em cadeia). Os fragmentos individuais de cada amostra foram misturados em um único microtubo e o *mix* foi purificado com o *kit* de purificação QIAquick (*Qiagen, Valência, CA*). Os fragmentos genômicos foram então amplificados para um volume de 50 uL, com 10 ul do *mix* de fragmentos de DNA, 1X *Taq Master Mix* (*New England Biolabs*), e 12,5 pmol de *primers* específicos (5'AATGATACGGCGACCACCGAGATCTACACTCTTTCCCTACACGACGCTCTTCCGATCT e, 5'CAAGCAGAAGACGGCATACGAGATCGGTCTCGGCATTCCTGCTGAACCGCTCTTCCGATCT). O ciclo de temperatura consistiu de

72°C durante 5 min, 98°C durante 30 s, seguido por 18 ciclos de 98°C durante 30 s, 65°C durante 10 s, e 72°C durante 30 s, com extensão final de 72°C durante 5 min (Elshire et al., 2011). A biblioteca GBS foi novamente purificada como descrita anteriormente, e uma alíquota do produto da PCR foi analisada no *Bioanalyzer Agilent 2100* para avaliação dos tamanhos dos fragmentos e da presença de dímeros de adaptador. Apenas os fragmentos que possuíam ambos os adaptadores foram amplificados. Após quantificação no Nanodrop 2000 (Thermo Scientific, Wilmington, DE) a biblioteca foi sequenciada no *Illumina HiSeq 2500*. Os dados obtidos do sequenciador foram processados com auxílio de *software* GBS TASSEL (<http://www.maizegenetics.net/tassel/docs/TasselPipelineGBS.pdf>). As sequências de cada amostra foram alinhadas com o genoma de referência da linhagem de milho B73 RefGen v1 (Schnable et al., 2009), para identificar marcadores SNPs.

2.4 Análise dos dados

A árvore filogenética foi construída com base no algoritmo de Neighbor-Joining (NJ), proposto por Saitou & Nei (1987) e calculado com o auxílio do programa *R*, pacote *ape* (Paradis et al., 2004). O dendrograma foi formatado com o auxílio do programa *FigTree* (Rambaut, 2008). Foi realizada a análise de componentes principais, baseada na matriz de correlação calculada com o auxílio do programa *R*, pacote *ape* (Paradis et al., 2004) e *stats* (R core team, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados três grupos (A, B e C) e sete subgrupos, conforme apresentado pela árvore filogenética (Figura 1). O Grupo A-I foi formado por 53 populações do EOSC, 11 acessos do Brasil, três do Paraguai e um acesso do Uruguai. O grupo A-II foi formado por 11 acessos do Paraguai, 10 do Brasil, três da Argentina, dois do Uruguai, um acesso do Peru e um acesso do México. Com exceção destes dois últimos, o grupo A (I e II) apresentou o padrão geográfico das terras baixas da América do Sul.

O Grupo B-III foi formado por nove acessos da Argentina, sete do Peru, sete da Bolívia, seis do Equador, cinco do Chile e um acesso do Uruguai. O Grupo B-IV foi formado por 14 populações do EOSC, duas

da Argentina, duas do Uruguai, uma do Brasil, uma da Guiana e uma do Chile. O Grupo B-V foi formado por nove acessos do Chile, cinco do Uruguai, três do Equador, dois da Argentina, um da Bolívia, um do México e um acesso dos Estados Unidos. O grupo B está relacionado ao padrão geográfico das terras altas América do Sul.

O Grupo C-VI foi formado por 10 acessos da Venezuela, cinco da Colômbia, três do Equador, dois do Peru, dois do Panamá, um acesso de Cuba, um da Costa Rica, um da Guatemala e um da Argentina. Este grupo apresentou predominantemente o padrão geográfico do Caribe, com exceção do Equador, Peru e Argentina.

O Grupo C-VII foi formado por 14 acessos do México, sete da Guatemala, três da Costa Rica, um do Brasil, um da Bolívia e um da Guiana. Este grupo apresentou o padrão geográfico do México e América Central, com exceção do Brasil e da Bolívia. As populações de milho pipoca do EOSC foram distribuídas em dois grupos: o Grupo A, que apresentou o padrão geográfico das terras baixas da América do Sul e que incluiu o maior número de populações do EOSC (53) e, o Grupo B, que apresentou o padrão geográfico predominante das terras altas da América do Sul e que incluiu apenas 14 populações do EOSC.

Com base nesses resultados, pelo menos, dois aspectos serão destacados: o primeiro deles diz respeito ao padrão geográfico predominante em cada grupo e, o segundo, pela presença de exceções ao padrão geográfico dentro de cada grupo, que remete a ocorrência de migração recente do milho nas Américas (Vigouroux et al., 2008).

Com respeito ao primeiro aspecto, verificou-se que o Grupo A correspondeu ao padrão das terras baixas da América do Sul, o Grupo B ao padrão das terras altas da América do Sul e o Grupo C, ao padrão Caribe, México e América Central.

Este aspecto foi concordante com os estudos realizados por Matsuoka et al. (2002), que verificaram as relações filogenéticas de 193 acessos de milho coletados no continente Americano a partir de 99 locos marcadores de microsatélites. Os grupos identificados pelos autores corresponderam à região Andina, terras baixas da América do Sul, Guatemala e Sul do México, Caribe, terras baixas do noroeste e oeste do México, terras altas do México, sudeste e centro dos Estados Unidos, sudoeste dos Estados Unidos e nordeste do México. Este padrão permitiu aos autores sugerir as duas rotas de dispersão do milho nas Américas: México-EUA-Canadá e México-Guatemala-terras baixas da América do Sul e Andes.

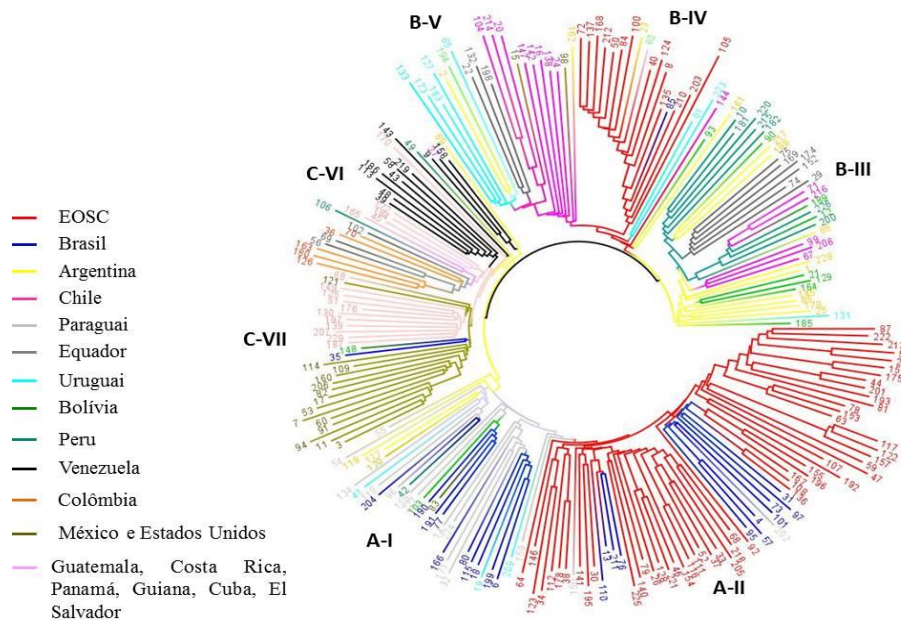


Figura 1. Árvore filogenética produzida pelo algoritmo de Neighbor-Joining, baseado em 6.070 marcadores moleculares SNPs para 229 populações de milho pipoca: 67 populações do Extremo Oeste de Santa Catarina e 162 procedentes de 18 países das Américas.

Em outro estudo, Santacruz-Varela et al. (2004) verificaram as relações filogenéticas de 56 populações de milho pipoca dos Estados Unidos e nove da América Latina, com base em 29 características morfológicas, 18 isoenzimas e 31 marcadores microsatélites. Os autores identificaram cinco grupos, com subdivisões dentro de cada um. Um dos grupos foi formado por populações do Chile, Uruguai e México, similar ao Grupo B-V; o outro foi formado exclusivamente por acessos do Brasil, Argentina e Paraguai e, por isso, concordante com o Grupo A estabelecido a partir dessa pesquisa.

O segundo aspecto a destacar está relacionado às exceções observadas em cada grupo, que podem ser atribuídas à movimentação recente do germoplasma de milho nas Américas (Vigouroux et al., 2008). Tal fato pode ser exemplificado pelo Grupo B-V. O único acesso dos Estados Unidos foi incluído neste grupo, formado predominantemente por populações do Chile e, não no grupo C-VII, formado por populações predominantemente do México, como encontrado por Matsuoka et al. (2002). Possivelmente este acesso corresponde à raça *Yellow Pearl Popcorn*, derivada da raça *Curagua* do Chile, introduzida nos EUA, no século XIX (Smith, 1999).

Goodman e Bird (1977) foram os primeiros autores a verificarem as relações filogenéticas de 219 populações do continente Americano, com base na análise de componentes principais e de agrupamento de 20 características morfológicas da espiga. Segundo os autores, as raças de milho pipoca do sul da América do Sul - *Avatí Pichingá* (Paraguai), *Polulo* (Chile), *Pororo* (Paraguai-Bolívia), *Pisinkalla* (Argentina-Bolívia) - são derivadas possivelmente de introduções da raça *Palomero Toluqueño* dos Vales Altos do México. Essa associação verificada por Goodman e Bird (1977) coincide com a presença dos acessos do Brasil e da Bolívia no Grupo C-VII (Figura 1).

As raças do norte da América do Sul - *Confite Morocho* (Peru), *Natel-Tusilla* (Equador), *Enano* (Bolívia-Peru), *Pira* (Colômbia), *Clavo* (Colômbia), *Chirimito* (Venezuela), *Araguito* (Venezuela), *Canila* (Venezuela), *Guarivero* (Venezuela) - possuem maior relação com as raças *Reventador Branco* e *Reventador Amarelo* de Cuba. As raças *Imbricado* (Colômbia), *Canguil* (Equador) e *Confite Pontiaquido* (Peru) estão relacionadas entre elas mesmas. Ambas as informações foram concordantes com os resultados do Grupo C-V (Figura 1).

A análise de componentes principais (Figura2), baseada na matriz de correlação mostrou a dispersão das populações dentro de cada

grupo. Os componentes um, dois e três explicaram 19% da variância total. O componente um, com algumas poucas exceções, separou as populações de acordo com sua origem geográfica, obedecendo ao padrão geográfico terras baixas e terras altas da América do Sul, Caribe, México e América Central.

O primeiro e o segundo quadrantes foram formados exclusivamente por populações das terras baixas da América do Sul (Brasil, Paraguai, Argentina, Uruguai, Bolívia e EOSC). O terceiro quadrante apresentou populações das terras altas da América do Sul, Caribe, América Central e México.

As populações do EOSC apresentaram maior dispersão nos quadrantes II e III. Esta dispersão poderia ser atribuída às diferenças nos períodos de coleta. Enquanto os acessos do CIMMYT foram coletados entre as décadas de 1950 a 1970, as populações do EOSC foram coletadas em 2013. Como as populações do EOSC estão conservadas *in situ-on farm*, elas estiveram por mais tempo expostas aos processos de seleção, fluxo gênico com outros materiais, explicando a dispersão de algumas populações dentro dos grupos. Este fato também poderia ser explicado pela presença de populações introduzidas e derivadas de cultivares melhorados.

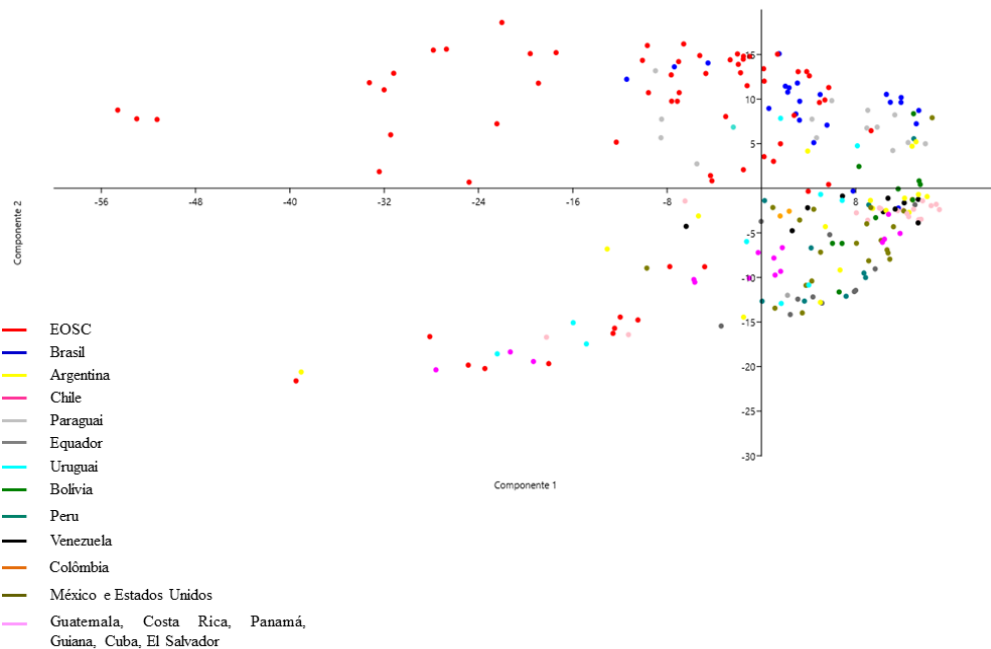


Figura 2. Análise de componentes principais baseada na matriz de correlação entre 229 populações de milho pipoca baseada em 6.070 marcadores moleculares SNPs: 67 populações do Extremo Oeste de Santa Catarina e 162 procedentes de 18 países das Américas.

4.1 Hipóteses sobre a origem das populações de milho pipoca do EOSC

A existência de dois grupos de milho pipoca no EOSC com padrões geográficos distintos sugere que as populações dos municípios de Anchieta e Guaraciaba possuem diferentes origens. Um grupo majoritário originado das terras baixas da América do Sul (Grupo A) e outro grupo menor, com predominância de alelos característicos das terras altas da América do Sul (Grupo B).

As populações do EOSC incluídas no Grupo A corrobora a pressuposição inicial desse estudo. A similaridade genética dessas populações com outros acessos da região das terras baixas da América do Sul sugere que este grupo possa estar incluindo populações mais semelhantes às raças indígenas *Guaranis*. Já a presença de populações do EOSC incluídas no Grupo B foi inesperada, em razão das mesmas terem se associado predominantemente com acessos procedentes das terras altas da América do Sul. Ainda assim, ambos os agrupamentos estabelecidos na presente pesquisa poderiam ser explicados com base em resultados de outros trabalhos (Li et al., 2007; Freitas et al., 2003; Bustamente et al., 2014).

Li et al. (2007) avaliaram por meio de três marcadores microssatélites quatro espécimes arqueológicos de milho da região andina da Argentina, que datam de 400-1400 anos AP e, quatro variedades locais da mesma região e das terras baixas argentinas. Dentre as amostras examinadas, três espécimes arqueológicas foram classificadas como milho pipoca (*Pisingallo* e *Capia Pisingallo*). Os autores verificaram que as variedades locais modernas das terras baixas denominadas *Pisingallo* e *Orgullo Cuarentón* não compartilharam alelos com as amostras arqueológicas da região Andina, sugerindo que a introdução do milho na América do Sul se deu inicialmente pelos Andes e, posteriormente, pelas terras baixas.

Os dois grupos identificados para a população do EOSC foi concordante com os estudos de Freitas et al. (2003), que identificaram a presença de microssatélites simples e complexos, com base na análise da sequência do gene *Adh2* de amostras de milho arqueológico e moderno. Os autores verificaram que os microssatélites tipo simples parecia restrito a região Andina, enquanto que os microssatélites tipo complexo apareciam nas populações das terras baixas da América do Sul, sugerindo duas rotas introdutórias distintas. Os autores ainda

verificaram a evidência de fluxo gênico entre alelos das duas rotas de dispersão, na região sul da América do Sul.

Esta região de contato poderia corresponder ao caminho histórico denominado Peabiru, que ligava o sul do Brasil aos Andes Peruano (Bustamante et al., 2014). O Peabiru facilitou a conquista e a exploração do sul do Brasil, no período pré-colonial, partindo de São Vicente, no litoral de São Paulo, e de outros dois pontos da costa, uma em São Paulo e outra em Florianópolis, Santa Catarina; atravessava as terras dos índios *Guaranis*, cruzando o Chaco paraguaio e a Bolívia, passava pela cordilheira dos Andes e chegava a Cuzco, capital do Império Inca (Bond, 1998). O Peabiru desapareceu durante a era colombiana, mas foi um importante testemunho da época pré-colombiana brasileira (Bustamante et al., 2014).

Bustamante et al. (2014), visando compreender as migrações humanas durante o período pré-colombiano ao redor do Peabiru, examinaram a relação genética existente entre variedades locais de milho moderno e amostras arqueológicas, com base no mesmo gene examinado por Freitas et al. (2003). As sequências de DNA oriundas do Peabiru foram agrupadas com espécimes arqueológicas dos Andes, sugerindo uma exploração de milho em torno desse caminho histórico, envolvendo população andina pré-colombiana e povos indígenas *Guaranis*. Essa constatação contribuiu com o debate sobre a presença de populações humanas pré-colombianas próximas a área de transição em torno da fronteira Brasil-Paraguai (Bustamante et al. 2014).

O caminho Peabiru pode ter sido uma importante comunicação para a troca de material vegetal entre os habitantes das terras altas e terras baixas da América do Sul. Freitas et al. (2003) e Bustamante et al. (2014) não avaliaram em seus estudos populações de milho pipoca, mas incluíram outras variedades cultivadas pelos *Guaranis* do Brasil e Paraguai. Esta região de contato poderia explicar a presença das populações do EOSC no grupo B (terras altas).

Outra explicação associada ao Grupo B poderia estar relacionada com introduções recentes (período pós-colonização) de alelos do grupo andino. Este aspecto poderia ser respaldado pelo fato de apenas um único acesso do Brasil grupo das terras altas e não existirem acessos do Paraguai neste grupo. Entretanto, esta situação poderia também ser explicada pela amostragem.

Introduções de raças *Recentes* e *Exóticas* já haviam sido relatadas por Paterniani & Goodman (1977). Os milhos dentados

(*Recentes*), por exemplo, foram introduzidos no Brasil após a Guerra de Secessão dos Estados Unidos, em 1861. O fluxo gênico entre os milhos dentados dos EUA e nativos do Brasil, como a raça Cateto (grão *flint*) cultivada pelos *Tupis*, gerou novas raças de milho dentado e semi-dentado. Em função dos cruzamentos e da seleção realizada por agricultores, raças com características distintas foram desenvolvidas.

A presença da população dos EUA no Grupo B, juntamente com sua associação principalmente às populações do Chile, poderia ser mais um indicativo a respeito das introduções recentes. Como mencionado anteriormente, a raça *Curagua* do Chile foi introduzida nos EUA, no século XIX (Smith 1999). Santacruz-Varela et al. (2004) identificaram que algumas populações dos EUA formaram grupo com a raça *Confite Pontigudo*, da região de Cuzco, Peru. Este fato é ilustrativo, mas a possibilidade de sementes de milho pipoca terem migrado juntamente com os dentados não deve ser desconsiderada. Outra possibilidade estaria relacionada com introduções de materiais melhorados da Argentina, pela proximidade das fronteiras.

A completa compreensão sobre a origem da diversidade de milho pipoca dos municípios de Anchieta e Guaraciaba requer o desenvolvimento de estudos multidisciplinares, que agreguem aos resultados biológicos informações sobre a migração do ser humano nas Américas, sobretudo nas terras baixas, sobre o processo de dispersão do milho pipoca como cultura alimentar e a história da região que atualmente é o Extremo Oeste de Santa Catarina.

A revisão dos dados de passaporte dos acessos utilizados neste estudo também permitirá uma correlação dos dados genéticos com os dados geográficos (regiões ecogeográficas de cada país), data de coleta do germoplasma e também da classificação de raças. Estas informações em conjunto poderão fornecer mais elementos sobre a origem do milho pipoca da região.

5. CONCLUSÕES

As populações do EOSC e do Banco de Germoplasma do CIMMYT analisadas nesse trabalho foram agrupadas segundo o padrão geográfico das terras altas da América do Sul, terras baixas da América do Sul, Caribe, México e América Central. Com respeito às populações do EOSC, foram identificadas duas origens geográficas (terras altas e baixas da América do Sul). Este aspecto é extremamente interessante do

ponto de vista da diversidade, considerando a pequena extensão territorial da região estudada.

6. REFERÊNCIAS

- Benz BF (2001) Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz, Oaxaca. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*. 98, 2104–2106.
- Brieger FG, Gurgel JTA, Paterniani E, Blumenschein A, Alleoni MR, Races of maize in Brazil and other eastern South American countries. Pub. 953. NAS-NRC, Washington, D.C, 1958.
- Buckler ES, Stevens NM (2006) Maize Origins, Domestication, and Selection. In: Motley TJ, Zerega N, Cross H (eds) *Darwin's Harvest: New Approaches to the Origin, Evolution, and Conservation of Crops*. Columbia University Press, New York, pp 67-91
- Bustamante PG, Padua VLM, Maia VH, Ferreira PCG (2014) Evidence of maize (*Zea mays* L.) exploitation around an ancient crossroad linking different aboriginal american civilization. *Acta Scientiae & Technicae*, 2:9-13.
- Elshire RJ, Glaubitz JC, Sun Q, Poland JA, Kawamoto K, Buckler ES, Mitchell SE (2011) A Robust, Simple Genotyping-by-Sequencing (GBS) Approach for High Diversity Species 6:1-10.
- Freitas FO, Bendel G, Allaby RG, Brown TA (2003) DNA from primitive maize landraces and archaeological remains: implications for the domestication of maize and its expansion into South America. *Journal of Archaeological Science* 30:901-908
- Goodman MM, Bird RM (1977) The races of maize IV. Tentative grouping of 219 Latin American races. *Economic Botany* 31:204-221.
- Grobman A, Bonavia D, Dillehay TD, Piperno DR, Iriarte J, Holst I. (2012) Pre-ceramic maize from Paredones and Huaca Prieta, Peru. *Proc Natl Acad Sci USA* 109: 1755–1759.
- Iriarte J, Holst I, Marozzi O, Listopad C, Alonso E, Rinderknecht A, Montaña J (2004) Evidence for cultivar adoption and emerging of complexity during the mid-Holocene in the la Plata basin. *Nature* 34: 614-617.

- Lia VV, Confalonieri VA, Ratto N, Hernández JAC, Alzogaray AMM, Poggio L, & Brown, TA (2007) Microsatellite typing of ancient maize: insights into the history of agriculture in southern South America. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274:545-554.
- Matsuoka Y, Vigouroux Y, Goodman MM, Sánchez JJ, Buckler E, et al. (2002) A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proc Natl Acad Sci* 99: 6080-6084.
- McClintock B, Kato Y, Blumenschein A. Chromosome constitution of races of maize. Its significance in the interpretation of relationships between races and varieties in the Americas. 1st ed. Madison: University of Wisconsin; 1981.
- Paradis E, Claude J, Strimmer K (2004) APE: analyses of phylogenetics and evolution in R language. *Bioinformatics* 20: 289-290.
- Paterniani E, Goodman MM (1977) Races of maize in Brazil and adjacent areas. CIMMYT, Mexico City, Mexico. 95p.
- Piperno DR, Flannery KV (2001) The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: new accelerator mass spectrometry dates and their implications. *Proc Natl Acad Sci USA* 98: 2101-2103.
- Prous A (1989) O povoamento da América visto do Brasil: uma perspectiva crítica. *Revista USP*, pp 8-21
- R Core Team (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- Rambaut A (2008) FigTree v1.1.1: Tree figure drawing tool. Available: <http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>. Acesso em 12 Janeiro 2015.
- Saitou N, Nei M (1987) The Neighbor-Joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*, 4:406-42.
- Santacruz-Varela A, Widrlechner MP, K. Ziegler E, Salvador RJ, Millard MJ, Bretting PK (2004) Phylogenetic Relationships among North American Popcorns and Their Evolutionary Links to Mexican and South American Popcorns. *Crop Sci* 44: 1456-1467.
- Schnable PS, Ware D, Fulton RS, Stein JC, Wei F, et al (2009) The B73 maize genome: complexity, diversity and dynamics. *Science* 326: 1112-1115.

- Schoen, D.J.; A.H.D. Brown (1995) Maximising genetic diversity in core collections of wild relatives of crop species. p. 55-76 en: Core collections of plant genetic resources (T. Hodgkin, A.H.D. Brown, Th.J.L. van Hintum y E.A.V. Morales, eds.). John Wiley and Sons, Reino Unido.
- Smith, A.F. 1999. Popped Culture. A social history of popcorn America. University of South Carolina Press, Columbia, SC.
- van Heerwaarden J, Doebley J, Briggs WH, Glaubitz JC, Goodman MM, Sanchez Gonzalez JJ, Ross-Ibarra J (2011) Genetic Signals of Origin, Spread, and Introgression in a Large Sample of Maize Landraces. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 108(3):1088-1092
- Vidal R, Costa FM, Silva NCA, Ogliari JB (2013) Desarrollo de una Colección Núcleo de Variedades Criollas de Maíz Conservadas in situ-on farm en el Estado de Santa Catarina, Sur de Brasil. In: IX Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y El Caribe, Acajutla, El Salvador. Memoria Resúmenes.
- Vigouroux Y, Glaubitz J, Matsuoka Y, Goodman MM, Sánchez GJ, Doebley JF (2008) Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by DNA microsatellites. *American Journal of Botany* 95:1240-1253
- Warburton ML, Wilkes G, Taba S, Charcosset A, Mir C, Franco J (2011) Gene flow among different teosinte taxa and into the domesticated maize gene pool. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58:1243-1261.
- Warburton ML, Setimela P, Franco J, Cordova H, Pixley K, Bänziger M, MacRobert, J. (2010) Toward a cost-effective fingerprinting methodology to distinguish maize open-pollinated varieties. *Crop science*, 50: 467-477.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo colocou em relevância a importância do desenvolvimento de pesquisas voltadas para microrregiões geográficas, permitindo ampliar conhecimento a respeito da diversidade de milho e seus parentes silvestres do Brasil.

A região do Extremo Oeste de Santa Catarina, aqui representada pelos municípios de Anchieta e Guaraciaba, pode ser indicada como um *micro-centro de diversidade* de *Zea mays* L., por corresponder a uma área microgeográfica que contempla uma reserva genética da espécie. Esta indicação foi baseada no elevado número de variedades locais conservadas *in situ-on farm*, na variabilidade fenotípica relacionada às características morfológicas do grão e da espiga, pela diversidade de usos e pela ocorrência de parentes silvestres.

O conhecimento sobre a diversidade da região foi ampliado a partir do estudo de dois componentes: parentes silvestres e milho pipoca. Foram mapeadas 136 populações de teosinto, constatando a presença da espécie *Zea luxurians*.

O estudo sobre o milho pipoca permitiu gerar um conjunto de informações a respeito da sua conservação e manejo, ampliar o conhecimento da diversidade baseada na taxonomia local, constatar a importância das redes de troca de sementes para a manutenção da diversidade e identificar processos de perda diversidade. Da mesma forma, foi constatado o potencial das variedades locais quanto à sua capacidade de expansão.

A identificação de três raças de milho pipoca coloca em evidência a necessidade da revisão da classificação de raças do Brasil sugerindo que futuros trabalhos com este objetivo sejam orientados para contextos microrregionais. Isso possibilitará identificar mudanças nos padrões da diversidade desde a última classificação.

É necessário que a diversidade *in situ-on farm* continue sendo monitorada para que sirva de base para futuros estudos de taxonomia, distribuição de variedades locais de milho e seus parentes silvestres e, também, com o objetivo de monitorar perdas de diversidade. Da mesma forma, a realização de coletas é importante para orientar futuros

trabalhos de sistematização, caracterização e avaliação da diversidade a partir de outras ferramentas de análise e, para fins de conservação *ex situ*.

A identificação de micro-centros de diversidade podem subsidiar de maneira particular regimes de proteção para as variedades locais de milho, sobretudo em relação ao cultivo de milho geneticamente modificado. Esta proposta não deve ser esgotada e reduzida ao milho. Espera-se que este estudo possa ser usado como referência em outros contextos do Brasil e para outras espécies cultivadas.

Finalmente, além de entender os processos de diversificação passados e presentes se evidenciou que a conservação *in situ-on farm* é a principal responsável pela conservação de milho da região, sobretudo de milho pipoca. O destino das variedades locais está associado ao destino do agricultor. Proteger a diversidade genética de milho significa apoiar milhares de agricultores familiares. Eles são os guardiões, mediante suas práticas de conservação, manejos e usos.

APÊNDICES

Apêndice 1. Estratégia metodológica Censo da Diversidade

O Censo da Diversidade consistiu em uma proposta metodológica desenvolvida pelo Núcleo de Pesquisas em Agrobiodiversidade (NEABio) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) para realizar estudos de diversidade, bem como inventariar a riqueza e abundância de espécies ou variedades locais, conservadas *in situ-on farm* por agricultores familiares, em regiões geográficas relativamente pequenas. A metodologia foi inspirada no Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o qual compreende um levantamento minucioso de todos os domicílios do Brasil. Nessa lógica, o Censo da Diversidade foi realizado em todas as comunidades rurais dos municípios de Anchieta e Guaraciaba, bem como em todas as unidades familiares de produção.

A diferença do Censo da Diversidade de outros levantamentos é justamente sua aplicação em estudos de diversidade, que geralmente são realizados com uma amostragem limitada e no âmbito da conservação *ex situ*. Levantamentos sobre a diversidade de variedades locais de milho conservada *in situ-on farm* são escassas na literatura científica, sobretudo sobre o germoplasma brasileiro. Dessa forma, o Censo da Diversidade foi delineado para identificar e mapear variedades locais de milho (mas pode ser aplicado para qualquer espécie cultivada) de uma microrregião geográfica, gerando além de informações que possam subsidiar propostas de conservação dos recursos genéticos locais, um banco de dados que poderá ser utilizado para:

- a) Registrar a agrobiodiversidade da região
- b) Orientar coletas de germoplasma
- c) Monitorar a conservação *in situ-on farm*
- d) Delinear estudos que requerem amostragem
- e) Caracterizar o germoplasma de milho
- f) Desenvolver programas de melhoramento participativo

Articulações prévias ao Censo da Diversidade e questões legais

A realização do Censo da Diversidade só foi possível mediante o envolvimento de diversos atores e o estabelecimento de parcerias e a

consolidação de uma rede de trabalho. A primeira reunião de articulação com os parceiros locais foi realizada nos próprios municípios de Anchieta (manhã) e Guaraciaba (tarde), em junho de 2011. O objetivo da reunião foi apresentar o *Projeto Mays* e a proposta metodológica Censo da Diversidade. Nas reuniões estiveram presentes representantes do poder público municipal, organizações locais, instituições de ensino e pesquisa da região e representantes do NEABio.

Nesta ocasião foi discutido o conteúdo do questionário com a inserção do item destinado a *assinatura do(a) agricultor(a) entrevistado(a)* foi. Por questões legais (Medida Provisória 2186-16/01¹⁹), foram submetidos à apreciação das organizações locais três documentos elaborados pelo NEABio. O primeiro referiu-se ao comprometimento da UFSC em preservar a identidade dos(as) agricultores(as) entrevistados(as) no Censo da Diversidade e em outros diagnósticos que viessem a ser realizados, garantindo o sigilo das informações concedidas por todos os atores envolvidos na pesquisa. O segundo documento referiu-se à anuência individual dos(as) agricultores(as) que concordaram em conceder informações durante as entrevistas e que estiveram de acordo em doar amostras de sementes de suas variedades locais para futuras pesquisas. Este documento foi inserido no próprio questionário. O terceiro documento referiu-se à anuência coletiva das organizações locais representativas dos agricultores e agricultoras de ambos os municípios a ser encaminhado ao Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN) do Ministério do Meio Ambiente (MMA) para solicitação de autorização para a realização da pesquisa.

Ainda durante a reunião foi proposto um curso de capacitação para gestores públicos da educação, professores e orientares pedagógicos com o objetivo de inserir temática da agrobiodiversidade como tema gerador nas escolas da rede municipal de educação pública, bem como de envolver os estudantes dos municípios na realização do Censo da Diversidade. A capacitação de professores, orientadores e gestores públicos foi realizada em julho de 2011, cujo objetivo foi elaboração de um material didático que continha um conjunto de propostas para trabalhar a temática da agrobiodiversidade nas diversas

¹⁹Dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado, a repartição de benefícios e o acesso à tecnologia e transferência de tecnologia para sua conservação e utilização.

disciplinas, como biologia, matemática, história, química, etc. Durante a capacitação, verificou-se a inviabilidade da participação direta dos estudantes das escolas públicas municipais, acordando que os mesmos poderiam colaborar comunicando aos pais, vizinhos e parentes sobre a pesquisa Censo da Diversidade e a visita da equipe de estudantes do NEABio. Outro canal de comunicação sugerido foram rádios locais; foi anunciado sobre Censo da Diversidade, seus objetivos e início da realização da pesquisa de campo.

As instituições e organizações parceiras do município de Anchieta foram: Paróquia Santa Lúcia, Secretaria Municipal de Saúde, com o acompanhamento dos agentes de saúde durante o levantamento de dados, Sindicato dos Trabalhadores na Agricultura Familiar (SINTRAF), Movimento de Mulheres Camponesas (MMC), Associação dos Pequenos Agricultores Plantadores de Milho Crioulo Orgânico e Derivados (ASSO). As instituições e organizações parceiras do município de Guaraciaba foram: Associação Central de Desenvolvimento das Microbacias Hidrográficas, Instituto Socioambiental Porerekan, Secretaria Municipal de Educação e Saúde. Ambos os municípios tiveram o apoio do Movimento dos Pequenos Agricultores (MPA) e da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS).

O Censo da Diversidade foi realizado de julho de 2011 a janeiro de 2012, totalizando 2.049 entrevistas (a relação das famílias, bem como o número de estabelecimentos agrícolas foram repassados pelas respectivas prefeituras municipais), distribuídas em cinco pesquisas de campo, conforme o resumo apresentado na Tabela 1.

É importante destacar que a pesquisa não envolveu espécies ameaçadas de extinção ou protegidas e as pesquisas foram conduzidas em propriedades privadas de agricultores e agricultoras, cujos proprietários da terra fornecerão permissão para conduzir o estudo nesses locais. Consentimento escrito foi dado individualmente por cada agricultor, para a caracterização do seu conhecimento sobre a espécie vegetal-alvo da pesquisa, cuja metodologia envolveu inicialmente a aplicação de entrevistas semi-estruturadas e, posteriormente, a coleta e a análise dos recursos fitogenéticos de interesse. Os dados obtidos a partir das entrevistas, bem como a origem geográfica dos cultivos pesquisados, foram analisados anonimamente. Também foram obtidos acordos de cooperação entre UFSC e as organizações que representam os agricultores dos municípios envolvidos no projeto. Na sequência são

apresentados os documentos obtidos junto às organizações parecidas e agricultores e agricultoras para a realização da pesquisa.

Tabela 1: Resumo do Censo da Diversidade desenvolvido nos municípios de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil.

Pesquisa de Campo	I	II	II	IV	V	Total
Período Pesquisa	Jul/Ago	Out	Nov	Dez	Jan/Fev	-
Nº Dias	12	5	4	7	14	42
Horas de Trabalho (10h/dia)	120	50	40	70	140	420
Nº Entrevistadores	12	7	2	4	4	29
Nº Entrevistas realizadas	813	353	126	181	576	2.049
Nº Entrevistas/pessoa	67.75	50.43	63	45.25	144	70.66
Nº Entrevistas/dia	67.75	70.60	31.50	25.86	41.14	48.79
Nº de Entrevistas/pessoa/dia	5.65	10.09	15.75	6.46	10.29	1.68
Tempo/entrevista (minutos)	8.86	8.50	19.05	23.20	14.58	12.30

A-Exemplo do Termo de Cooperação acordado entre o NEABio-UFSC e as organizações locais dos municípios de Anchieta e Guaraciaba.

TERMO DE COOPERAÇÃO

Declaramos para os devidos fins que eu, Valdeci Luiz Cella, Presidente da Sindicato dos Trabalhadores na Agricultura Familiar (SINTRAF), CNPJ 82.946.385/0001.49, sediada na Rua 7 de setembro, 69, Centro, Anchieta - SC, e demais membros desse Sindicato, concordamos em participar como colaboradores das atividades de pesquisa propostas pelo projeto intitulado **'Estratégias Integradas e Participativas de Resgate, Caracterização, Avaliação e Conservação on farm e ex situ de Variedades Locais de Milho-Comum e Milho-Pipoca mantidas por Agricultores Familiares do Oeste de SC e Sudoeste do PR' - 'Projeto Mays I'**, submetido ao Edital 582010 do CNPq, sob coordenação da Professora Juliana Bernardi Ogliari do Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade - NEABio da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, localizada no endereço Campus Universitário, s/n - Trindade Florianópolis - SC, 88040-900 e portadora do CNPJ 83.899.526/0001-82.


O período previsto para a realização do "Projeto Mays" I é de 01/12/2010 a 01/12/2013, tendo os seguintes objetivos gerais, a saber:

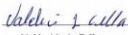
1. Elaborar um 'Plano Integrado e Participativo de Conservação on farm e ex situ, visando o manejo e uso sustentável das variedades locais, crioulas e tradicionais de milho-comum e milho-pipoca, conservadas por agricultores do Oeste de SC e Sudoeste do PR.
2. Organizar uma coleção ativa de variedades locais, crioulas e tradicionais de milho-comum e milho-pipoca procedentes do Oeste de SC e Sudoeste do PR, para ser conservadas no banco de germoplasma da UFSC, visando proteger a diversidade dessa espécie da erosão genética, bem como da contaminação por milhos geneticamente modificados.

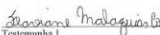
3. Organizar Bancos Comunitários de Sementes a partir de variedades locais, crioulas e tradicionais de milho-comum e milho-pipoca em municípios do Oeste de SC e Sudoeste do PR, visando enriquecer a diversidade dessa espécie na região.
4. Verificar a possibilidade de co-existência entre variedades de milho transgênico e não-transgênico (convencional e 'landraces'), em três municípios do Oeste de SC, segundo a Resolução Normativa nº 4 (RN, 2007), bem como a validade do conceito de 'Equivalência Substancial' entre os milhos transgênicos e não transgênicos (convencional e 'landraces').


Para cumprimento de tais objetivos estão previstas as seguintes atividades, a saber: (i) Mapeamento Geográfico da Diversidade; (ii) Censo da Diversidade (Diagnóstico I); (iii) Entrevistas (Diagnóstico II); (iv) Resgate de Variedades; (v) Teste de Campo para Detecção de Contaminação por OGMs; (vi) Testes de Laboratório com PCR para detecção de Contaminação (PCR); (vii) Caracterização e Avaliação Fenotípica de variedades crioulas de milho comum, pipoca e doce; (viii) Análise Química de Grãos, Estiletes; (ix) Análise da Diversidade Genética com Marcadores de DNA; (x) Avaliação do perfil proteico dos milhos GM e não-GM; (xi) Avaliação da absorção e da ação antioxidante de farinhas; (xii) Documentação/Informatização do Banco de Germoplasma; (xiii) Certificação de Sementes Orgânicas (EcoVida) e; (xiv) Publicações e Formação de Estudantes.

Tendo em vista as propostas de atividades descritas acima, no âmbito do projeto, coordenado pela Universidade Federal de Santa Catarina, por meio do Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade (NEABio), e apoiado pelo SINTRAF, ambos firmam o presente Termo de Cooperação para a execução do Projeto Mays: Florianópolis, 22 de abril de 2012.


Juliana Bernardi Ogliari
Coordenadora do NEABio - UFSC


Valdeci Luiz Cella
Presidente da SINTRAF


Rosane Malagães
Testemunha I


Jorginho de Souza
Testemunha II


Valdeci Luiz Cella

B-Exemplo de Anuência Prévia concedido pelas organizações locais ao NEABio para a realização da pesquisa.

TERMO DE ANUÊNCIA PRÉVIA PARA REALIZAÇÃO DA PESQUISA 'Estratégias Integradas de Manejo, Uso e Conservação da Diversidade de Variedades Locais de Milho-Comum e Milho-Pipoca (Zea mays L.) Conservadas por Agricultores Familiares do Oeste de Santa Catarina e Centro do Paraná - Projeto Mays I'

Pelo presente Termo de Anuência Prévia, Sindicato dos Trabalhadores Rurais - SINTRAF, inscrito no CNPJ sob nº 82946385/0001-49, sediado(a) em Anchieta, Santa Catarina, na Rua Sete de Setembro, 69, CEP 89970-000 (Fone 49 3653-0304), e neste ato representado pelo Presidente Valdeci Luis Cella, CPF 609378749-49 e RG 1942301, e o Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, instituição pública federal, vinculada ao Ministério da Educação, instituída por força de lei nº 3849, de 18 junho de 1960, inscrita no CNPJ sob nº 8989526/0001-82, sediada em Florianópolis-SC, na Rodovia Admar Gonzaga, nº 1346, Bairro Itacorubi, neste ato representado pelo Diretor do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Dr. Edemar Roberto Andreatta e pela coordenadora do Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade (NEABio), professora Juliana Bernardi Ogliari, doravante designado simplesmente NEABio/UFSC, resolvem firmar o presente Acordo de Acesso a Componente do Patrimônio Genético com Acesso a Conhecimento Tradicional Associado, para fins de Pesquisa Científica de projeto aprovado pelo CNPq (Edital 582010) (Projeto Mays I) e registrado no CGEM como Projeto 591 (anexo 1), em cumprimento a Medida Provisória nº 2.186-16, de 23 de agosto de 2001, no Decreto nº 3.945, de 28 de setembro de 2001, nas Deliberações 069/04 e 034-03 do CGEM, bem como nas Resoluções CGEM nº 05/03 e nº 09/03, e o fazem diante das seguintes cláusulas e condições:

1. O presente Acordo objetiva estabelecer as condições para o acesso ao componente do patrimônio genético com acesso ao conhecimento tradicional associado, bem como a transferência pelo(a) SINTRAF e uso pelo NEABio/UFSC de material biológico (sementes e grãos de variedades de milho comum, milho pipoca e milho doce crioulos) conservado por agricultores representados pelo(a) SINTRAF.
2. O SINTRAF transfere o material biológico no primeiro item desse Acordo, sem restrições quanto ao uso, seja para conservação em Banco de Germoplasma da UFSC ou para fins de pesquisa.
3. O SINTRAF está ciente e concorda com a realização da pesquisa a ser desenvolvida pelo NEABio/UFSC e se declara parceira (o) desta instituição para a realização das

Valdeci L. Cella *Juliana Bernardi Ogliari*

atividades propostas no Projeto Mays I, juntamente com a Universidade da Fronteira Sul (Campus de Chapecó e Laranjeiras), Universidade de São Paulo, Rede de Cooperativas do Oeste Catarinense - ASCOOPER, Associação de Desenvolvimento da Microbacias de Guaraciaba, Instituto de Agrobiodiversidade e Desenvolvimento Sócioambiental - Porecan, Associação dos Pequenos Agricultores Plantadores de Milho Crioulo Orgânico e Derivados - ASSO, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina- EPAGRI.

4. O NEABio/UFSC se compromete a:

4.1 Não reivindicar, em nome próprio, qualquer forma de propriedade intelectual, sobre o todo ou a parte do material biológico transferido por forças deste Acordo.

4.2 Não reivindicar a propriedade sobre material biológico transferido.

4.3 Não revelar a identidade das famílias de agricultores entrevistados e manter sigilosa a origem das informações obtidas a partir das atividades propostas para os 'Diagnósticos da Diversidade I e II' do Projeto Mays I.

4. O NEABio/UFSC assume, isolada(o) e exclusivamente, a responsabilidade civil por eventuais danos causados a terceiros em decorrência do uso do material biológico transferido pelo SINTRAF, não existindo qualquer solidariedade por parte do SINTRAF, em caso de reclamação judicial ou extrajudicial.

5. O NEABio/UFSC fica obrigada (o) a informar ao SINTRAF, por escrito, qualquer efeito adverso eventualmente verificado por ocasião da manipulação do material biológico de que trata o presente Acordo, bem como o resultado dos testes, notadamente, os que dizem respeito à saúde humana e ao meio ambiente.

6. O NEABio/UFSC deverá mencionar o nome da (o) SINTRAF e do CNPq nos artigos técnicos e publicações referente ao material biológico objeto do presente Acordo, na condição de provedora dos mesmos.

7. O presente Acordo terá vigência pelo prazo de 10 (dez) anos, sendo prorrogadas sucessiva e automaticamente por iguais períodos, sempre que haja interesse de ambas as partes.

Valdeci L. Cella *Juliana Bernardi Ogliari*

8. Para definir eventuais questões oriundas do não cumprimento das condições deste Acordo, as partes elegem o Foro de Florianópolis-SC, com renúncia expressa a qualquer outro, por mais privilegiado que seja.

9. E, por estarem assim acordadas as partes firmam o presente Acordo em três vias de igual teor e forma (nos idiomas português e inglês, quando for o caso de remessa para entidade sediada fora do Brasil), na presença das testemunhas abaixo identificadas.

Anchieta, 02 de abril de 2012

Valdeci L. Cella
Pelo SINTRAF

Juliana Bernardi Ogliari
Pelo CCA/UFSC
Coordenadora do Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade
Prof.ª MSc. JACQUES
Edemar Roberto Andreatta
Pelo NEABio

Testemunhas:

Nome



1: *Guilherme Indagador Costa* CPF: *085.139.266-93*

-



Nome

2: _____ CPF: _____

C-Modelo da lista de assinatura dos agricultores e agricultoras participantes da pesquisa.

		<p>Lista de Assinaturas dos agricultores que, estando de acordo com a realização da entrevista referente ao Diagnóstico II do Projeto Mays Intitulado “Estratégias Integradas e Participativas de Resgate, Caracterização, Avaliação e Conservação da Diversidade de Variedades Locais De Milho-Comum e Milho-Pipoca (<i>Zea mays</i> L.) Mantidas por Agricultores do Oeste de SC e Sudoeste do PR, sob coordenação da Professora Juliana Bernardi Ogliari do Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade da Universidade Federal de Santa Catarina, responderam ao Questionário de Estudo das Estratégias de Conservação e Manejo de Variedades de Milho Crioulo e Parentes Silvestres no Oeste Catarinense.</p>					
Estado: Santa Catarina		Município:		Entrevistador:			
OR	Nome Legível	Sexo	CPF	Comunidade	Telefone	Assinatura	Data da Entrevista
01							
02							
03							
04							
05							
06							
07							
08							

D-Modelo da lista de assinatura de coleta de germoplasma junto aos agricultores e agricultoras participantes da pesquisa.

 <p>Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico</p>		<p>Lista de Assinaturas dos agricultores que, estando de acordo com a realização da entrevista referente ao Diagnóstico II do Projeto Mays Intitulado “Estratégias Integradas e Participativas de Resgate, Caracterização, Avaliação e Conservação da Diversidade de Variedades Locais De Milho-Comum e Milho-Pipoca (<i>Zea mays</i> L.) Mantidas por Agricultores do Oeste de SC e Sudoeste do PR, sob coordenação da Professora Juliana Bernardi Ogliari do Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade da Universidade Federal de Santa Catarina, responderam ao Questionário de Estudo das Estratégias de Conservação e Manejo de Variedades de Milho Crioulo e Parentes Silvestres no Oeste Catarinense.</p>					
Estado: Santa Catarina		Município:		Entrevistador:			
OR	Nome Legível	Sexo	CPF	Comunidade	Telefone	Assinatura	Data da Entrevista
01							
02							
03							
04							
05							
06							
07							
08							

Apêndice 2. Questionário semi-estruturado aplicado durante o Censo da Diversidade, 2011.

Censo da diversidade: levantamento de variedades crioulas de milho	
Nome do Agricultor(a):	_____
Comunidade/Município:	_____ / _____
Planta algum tipo de semente de milho comprado em agropecuária? ()Sim; ()Não. Em caso positivo, qual o nome desse tipo de milho? _____ Sabe o nome da empresa que desenvolveu esse tipo de milho? _____ / Qual é a área cultivada? _____	
Você planta algum tipo de semente de milho crioulo para milho verde, para comércio ou para o gasto? ()Sim; ()Não. Em caso positivo, continue respondendo as perguntas abaixo:	
Qual o nome do tipo de milho crioulo que você planta? _____	
Sua propriedade faz divisa com a propriedade de quais vizinhos? Nomes dos vizinhos: _____ / _____	
Cor do Grão: ()Branco; ()Amarelo; ()Roxo; ()Rosado; ()Rajado; ()Preto; ()Outros	
Tipo de Grão: ()Dentado(mole); ()Intermediário; ()Duro	
Tipo de Grão: ()Graúdo; ()Miúdo / Tipo de Grão: ()com espinho; ()lisa ou sem espinho	
Qual a área total da propriedade em hectares? _____	
Qual a área usada para plantio desse tipo de milho crioulo na propriedade? _____	
Quantos quilos de sementes desse tipo de milho crioulo são plantados? _____	
Há quanto tempo planta esse tipo de milho crioulo (em anos)? _____	
Em qual local costuma plantar essa variedade? ()roça/lavoura; ()horta; ()Outro	
Quem cuida (planta, colhe e guarda semente) desse tipo de milho crioulo? ()Pai; ()Mãe; ()Filhos; ()Avô; ()Avó; ()Toda a família	
De onde veio a semente desse tipo de milho crioulo? ()herança de família; ()Vizinho; ()Feira de sementes/encontro; ()Doação de algum órgão público; ()Agropecuária; ()Não lembra; ()outra origem, então qual foi? _____	
Do que mais gosta nesse tipo de milho crioulo? _____	
Para que esse tipo de milho crioulo é usado? ()Alimentação animal; ()Alimentação da família; ()Artesanato; ()Para venda de grãos; ()Para venda de semente; ()Para doação ou troca de semente; ()Milho verde; ()Outro; Qual? _____	
Tem mais gente na comunidade que planta essa variedade? ()Sim; ()Não. Sabe quantas famílias? _____	
Você já forneceu sementes desse tipo de milho crioulo para alguém? ()Sim; ()Não. Em caso positivo, indique o(s) nome(s) dos agricultor(es)/Comunidade/Município:	
1. _____ / _____ / _____	
Aceita fazer uma entrevista mais detalhada sobre esse tipo de milho crioulo? ()Sim; ()Não	
Aceita disponibilizar para a universidade (UFSC/UFS) uma amostra de semente desse tipo de milho crioulo para a realização de pesquisas? ()Sim; ()Não	
Local da pesquisa: _____	Data: _____ / _____ / _____

Apêndice 3. Categorias e subcategorias de valores de uso, agrônômico e adaptativo atribuídos às variedades locais de milho de Anchieta e Guaraciaba, Extremo Oeste de Santa Catarina, Sul do Brasil.

	Categoria	Subcategoria	Sub-subcategoria
	<i>Gastronômica:</i> indicativo de potencial culinário indicado por diferentes formas de usos alimentares e pelo sabor	Sabor, Canjica, Maciez, Milho Verde, Pamonha, Polenta, Doce, Conserva, Pão, Maciez, Sabor, Branca, Crocante, Pé de Moleque, Sequinha, Não tem Casca, Capacidade de Expansão, Pequena	Volume, Estoura Bem
	<i>Alimentação Animal:</i> indicativo de potencial para alimentação animal	Ração, Silagem	—
	<i>Econômica:</i> aspectos econômicos que estimulam os agricultores a cultivarem certa variedade crioula	Autonomia da Semente, Custo de Produção, Venda de Sementes	—
	<i>Artesanais:</i> indicativo de potencial para transformação em produtos artesanais	—	—

Valor de Uso	Ornamental: indicativo de potencial para uso em ornamentação	—	—
	Nutricional: indicativo de potencial elevado da variedade quanto ao teor de vitaminas, proteínas ou óleos	—	—
	Medicinal: indicativo de potencial para uso medicinal	—	—
	Estética: indicativo de valor afetivo a variedade em consequência da aparência estética da planta, espiga ou grão, que motiva o agricultor a conservar a variedade crioula	Espiga, Grão, Planta	—
	Saúde: aspectos referentes à valorização da produção de alimento saudável para o consumo da família	Livre de Agrotóxicos, Livre de Transgênicos, Alimento Saudável	—
	Cultural: valores culturais provenientes de costumes, tradições e herança de família	Tradição, Lazer, Afetivo	—

	Conservação da Diversidade: aspectos relevantes para a manutenção e riqueza da diversidade da espécie	—	—
Valor Agronômico	Agrônômica: indicação de caracteres referentes ao desempenho agronômico e ao potencial produtivo	Empalhamento, Sabugo Fino, Enraizamento, Fácil de Debulhar, Fácil de Moer, Grão Duro, Porte Alto, Porte Baixo, Porte Médio, Precoce, Produtividade, Ponto de Milho Verde, Resistência ao Acamamento, Tardia	—
Valor Adaptativo	Adaptativa: indicação de caracteres associados a resistência a fatores bióticos, abióticos e adaptação regional	Abiótico, Biótico, Época, Amplitude de Adaptação	Resistência a Seca, Chuva, Pragas, Doenças e Caruncho, Plantio na Safra, Safrinha, Resistência à contaminação (pipoca não <i>castiça</i> com milho)

Apêndice 4. Questionário utilizado durante o Diagnóstico da Diversidade, 2013.

PROJETO MAYS I

Núcleo de Estudos em Agrobiodiversidade Estudo Estratégias das de Conservação e Manejo de Variedades de Locais de Milho

1. IDENTIFICADORES

1.1. Nome do Pesquisador(a):

1.2. Data da Entrevista:

2. IDENTIFICAÇÃO DO INFORMANTE LOCAL E DA PROPRIEDADE

2.1. Nome Completo do Informante Local (quem cuida da variedade):

2.2. Idade:

2.3. Sexo: (1) F; (2) M

2.4. Nível de formação:

2.5. Tempo em que vive na região:

2.6. Nome Completo do Proprietário:

2.7. Nome Completo dos demais moradores da propriedade:

2.8. Comunidade:

2.9. Município:

2.10. Coordenadas geográficas da propriedade:

2.11. Altitude:

2.12. Área da propriedade:

2.13. Tipo de solo: (1) Argiloso; (2) Textura média; (3) Arenoso; (4) Pedregoso; (99) Outro

2.14. Relevo: (1) Plano; (2) Levemente acidentado; (3) Fortemente acidentado

2.15. Principal Fonte de Renda: (1) Leite; (2) Grãos; (3) Suinocultura; (4) Bovinocultura de Corte; (5) Avicultura; (6) Aposentadoria; (99) Outro

2.16. Participa de alguma organização/grupo? Qual?

3. IDENTIFICAÇÃO DAS VARIEDADES CRIOLAS

3.1. Tipo (C) Comum; (P) Pipoca; (D) Doce e Nome do Milho:

3.2. Origem: (1) Herança; (2) Vizinho (colocar nome e local onde a pessoa mora); (3) Parente (colocar nome e local onde a pessoa mora); (4) Feira de Sementes; (5) Doação de Algum Órgão Público (Epagri, Defesa Civil; Conab); (6) Agropecuária; (7) Sindicato; (8) Kit diversidade; (9) Não lembra; (99) Outro

3.3. Anos em que a variedades está na propriedade e na família:

- 3.4. Cor do Grão: (1) Branco; (2) Amarelo Claro; (3) Amarelo Alaranjado; (4) Roxo; (5) Preto ou Azul; (6) Rajado; (7) Misturado (grãos com diferentes cores); (8) Vermelho; (99) Outro
- 3.5. Tipo do Grão: (1) Dentado; (2) Duro; (3) Enrugado (doce); (4) Pontudo (com espinho); (5) Liso (em espinho); (6) Tunicata (encapado); (99) Outro
- 3.6. Tipo de Espiga: (1) Cilíndrica; (2) Cônica; (3) Cônica-cilíndrica; (4) Redonda
- 3.7. Número de fileiras: (1) <10; (2) 10-14; (3) >14
- 3.8. Altura da Planta: (1) Alta (>3,0m); (2) Média (de 2,51 a 3,0m); (3) Baixa (<2,50m)
- 3.9. Ciclo: (1) Precoce (< 130 dias); (2) Intermediário (131-159 dias); (3) Tardio (>160 dias)
- 3.10. Prolificidade (espigas/planta – na maioria das plantas): (1) Uma; (2) Duas; (3) Mais de duas
- 3.11. Acamamento: (1) Todos os anos; (2) A maioria dos anos; (3) As Vezes; (4) Nunca

4. VALORES DE USOS E PREFERÊNCIAS

- 4.1. Do que mais gosta nessas variedades e por qual razão as prefere: (1) Produtividade de grão; (2) Bom rendimento de silagem; (3) Resistente a doenças; (4) Resistente a pragas; (5) Resistente a Seca; (6) Boa para farinha; (7) É adocicada; (8) Menor custo de produção; (9) Para conservação; (10) Está com a família há muito tempo; (11) Precisa menos agrotóxico; (12) Usa menos fertilizante; (13) Livre de agrotóxico; (14) É gostosa; (15) Mais precoce; (16) Menos casca no grão; (17) Quase todos grãos estouram; (99) Outro
- 4.2. Quando usado para Consumo Próprio: (1) Alimentação animal; (2) Canjica; (3) Farinha polenta; (4) Farinha bolos, bolachas; (6) Uso medicinal do cabelinho; (7) Milho verde; (8) Artesanato; (9) Para doação ou troca de semente; (99) Outro
- 4.3. Quando usado para Venda: (1) Grão; (2) Cabelinho; (3) Milho verde; (4) Canjica; (5) Farinha; (6) Produtos (bolachas, bolo, etc); (7) Artesanato; (8) Semente; (99) Outro
- 4.4. Área plantada (ha); quantidade plantada (kg) e quantidade produzida (kg)
- 4.5. Local de Plantio: (1) Roça (melhor área); (2) Roça (pior área); (3) Horta; (99) Outro
- 4.6. Alguém mais Cuida: (1) Pai; (2) Mãe; (3) Avô; (4) Avó; (5) Filho; (6) Filha; (7) Agregado; (99) Outro

5. MANEJO LOCAL

- 5.1. Estratégia de manejo do agricultor: (1) Guardião; (2) Multiplicador (compra ou recebe todo ano para plantar); (3) Ambos; (4) Ocasional;

(99) Outro

- 5.2.** O manejo da lavoura de variedades crioulas é o mesmo daquele realizado para cultivares comerciais? (1) Sim; (2) Não
- 5.3.** Qual a principal diferença de manejo (anotar o sistema de manejo para cada tipo de milho: crioulo e comercial)
- 5.3.1.** Tipo de Cultivo: (1) Solteiro; (2) Consorciado; (99) Outro
- 5.3.2.** Preparo do Solo: (1) Tração animal; (2) Tração mecânica (trator); (3) Manual; (99) Outro
- 5.3.3.** Semeadura: (1) Matraca; (2) Plantadeira tração animal; (3) Plantadeira tração mecânica; (4) Manual; (99) Outro
- 5.3.4.** Costuma fazer limpeza de sementes do maquinário para o plantio? (1) Sim; (2) Não
- 5.3.5.** Qual espaçamento entre plantas (m):
- 5.3.6.** Qual espaçamento entre fileiras (m):
- 5.3.7.** Qual adubação e quantidade utilizada? (1) Orgânica; (2) Química; (3) Ambas; (4) Nenhuma
- 5.3.8.** Qual o controle de pragas e quantidade utilizada? (1) Orgânico; (2) Químico; (3) Ambas; (4) Nenhum
- 5.3.9.** Qual o controle de doenças e quantidade utilizada? (1) Orgânico; (2) Químico; (3) Ambas; (4) Nenhum
- 5.3.10.** Qual o controle de inços (plantas espontâneas) e quantidade utilizada? (1) Manual; (2) Químico; (3) Ambas; (4) Mecânico; (5) Nenhum
- 5.3.11.** Colheita: (1) Manual; (2) Mecânica
- 5.3.12.** Costuma fazer limpeza de grão do maquinário para a colheita? (1) Sim; (2) Não
- 5.3.13.** O transporte para comercialização é feito em separado para milho comercial e crioulo? (1) Sim; (2) Não
- 5.3.14.** O local usado para armazenamento do grão do milho comercial (híbrido ou variedade) é o mesmo usado para o milho crioulo? (1) Sim; (2) Não
- 5.3.15.** Faz algum beneficiamento das sementes? (1) Sim; (2) Não. Qual?
- 5.3.16.** De que forma guarda as sementes? (1) Espigas penduradas no paiol; (2) Espigas agrupadas no chão do paiol; (3) Espigas, armazém tipo chapecó; (4) Em grãos, armazém tipo chapecó; (5) Garrafas pet; (99) Outro
- 5.3.17.** Pratica algum isolamento para produção de semente crioula? (1) Sim; (2) Não
- 5.3.17.1.** Qual tipo de isolamento? (1) Temporal; (2) Espacial; (3) Ambos
- 5.3.17.2.** No caso de praticar isolamento temporal, quantos dias de outros milhos?
- 5.3.17.3.** No caso de praticar isolamento espacial, usa quantos

metros de outros milhos?

- 5.3.17.4.** Os cuidados com isolamento são distintos conforme o tipo de milho comercial plantado, p. ex., se cultivar é GM ou não GM? (1) Sim; (2) Não
- 5.3.17.5.** Qual a principal diferença do isolamento quando é GM?
- 5.3.17.6.** Costuma plantar milho crioulo em áreas onde em anos anteriores foram cultivados sementes de milhos comprados na agropecuária ou recebidos pelo troca-troca, sindicatos, outras fontes oficiais? (1) Sim; (2) Não
- 5.3.17.7.** Seu vizinho costuma cultivar milho próximo a áreas de cultivo dos milhos crioulos da sua propriedade? (1) Sim; (2) Não
- 5.3.17.8.** Em caso positivo, ele costuma lhe avisar quando pretende efetuar o plantio? (1) Sim; (2) Não; (3) As vezes
- 5.3.17.9.** Em caso positivo, ele costuma lhe avisar qual tipo de milho pretende cultivar (se GM ou não GM)? (1) Sim; (2) Não; (3) As vezes

6. SELECAO E MELHORAMENTO GENÉTICO

- 6.1.** Faz algum tipo de seleção para melhorar as variedades crioulas? (1) Sim; (2) Não
 - 6.1.1.** Em caso positivo, qual a parte mais importante para a seleção? (1) Planta; (2) Espiga; (3) Grão Debulhado; (99) Outro
 - 6.1.2.** Quem faz? (1) Pai; (2) Mãe; (3) Avô; (4) Avó; (5) Filho; (6) Filha; (7) Agregado; (99) Outro
 - 6.1.3.** Com quem aprendeu? (1) Pais; (2) Vizinho; (3) Técnico; (4) Cursos/Eventos; (99) Outro
 - 6.1.4.** Área específica para produção de semente é diferente da área destinada a produção de grãos? (1) Sim; (2) Não; (99) Outro
 - 6.1.4.1.** Em caso negativo, como é feita a identificação da área para seleção de semente? (1) Melhor área da lavoura; (2) Pior área da lavoura; (3) Não é feita seleção de área; (99) Outro
 - 6.1.5.** Em qual etapa faz a seleção? (1) Melhores plantas da lavoura; (2) Melhores espigas do campo; (3) Melhor espiga do paiol; (4) Melhores sementes após debulha; (99) Outro
 - 6.1.6.** Quais características que utiliza para fazer seleção? (1) Acamamento; (2) Número de Espigas por Planta; (3) Cor de Grão; (4) Tipo de Grão; (5) Plantas Sadias (pragas e doenças); (6) Empalhamento; (7) Tamanho de Espiga; (8) Tamanho de Grão; (9) Plantas Altas; (10) Plantas Baixas; (11) Arranjo de Fileiras da Espiga; (12) Enraizamento; (13) Volume de Planta (massa verde); (99) Outro

- 6.1.7.** Costuma misturar (cruzar) variedades comerciais junto com variedade crioula (incorpora outros materiais a base genética da variedade crioula)? (1) Sim; (2) Não
- 6.2.** Qual a quantidade de sementes guardada para a próxima safra (kg, garrafas pet, etc)?
- 6.3.** De quantas plantas/espigas são retiradas?

7. EROÇÃO E VUNERABILIDADE GENÉTICA

- 7.1.** Quais variedades crioulas suas que tinha e não tem mais?
- 7.2.** Por que se perderam? (1) Seca; (2) Má qualidade da semente; (3) Não multipliquei; (4) Excesso de chuva; (5) Não adaptou ao ambiente; (6) Deixei a agricultura; (7) Cruzou com outros milhos; (8) Prefere híbridos; (99) Outros
- 7.3.** Tem dificuldade em preservar sua(s) variedade(s) de milho crioulo? Quais são as dificuldades?
- 7.4.** Já observou deformações em suas variedades crioulas? Existem algumas que são novas? Como são (descreve-as)?

8. REDES DE TROCA DE SEMENTES

- 8.1.** Para quem já forneceu a variedade crioula (colocar o nome, comunidade/instituição, município/estado, quantidade e ano)?
- 8.2.** Qual e Quando foi a última feira de semente que você participou?
- 8.3.** Qual e Quando foi a última feira de semente que você levou semente pra trocar?
- 8.3.1.** De quais variedades e qual a quantidade?
- 8.3.2.** Pegou sementes de outras pessoas? (1) Sim; (2) Não
- 8.3.2.1.** Em caso positivo, quais variedades e qual quantidade?
- 8.3.2.2.** Como escolheu? (1) Tipo de Grão; (2) Cor de Grão; (3) Uso; (4) Rendimento; (5) Acamamento; (6) Sadias; (7) Altura da Planta; (8) Enraizamento; (9) Arranjo de Fileira; (10) Empalhamento; (99) Outro
- 8.3.2.3.** Com base em qual critério escolheu as sementes? (1) Pelo agricultor; (2) Local perto; (3) Local longe; (4) Indiferente; (99) Outros?

9. OBSERVAÇÕES

Apêndice 5. Relação das variedades locais de milho pipoca (acessos) avaliadas nos diferentes estudos (capítulos da tese).

Variedade local	Estudo		
IDV ⁽¹⁾	Capacidade de expansão ⁽²⁾	Caracterização de raças ⁽³⁾	Filogenia ⁽⁴⁾
648C			
2358A			
880A			
574A			
941A			
390A			
977A			
1106A			
2604B			
332B			
2293A			
612A			
1051C			
236B			
120B			
2406A			
563A			
829B			
1110A			
2A			
458B			
2360A			
2438D			
319B			
2376A			
962A			

2379A			
932A			
964A			
2241A			
302F			
945A			
66A			
90A			
2339A			
1172D			
857C			
2329A			
2433G			
793B			
2108A			
2423A			
846A			
787C			
1016A			
283A			
205B			
851A			
2393B			
694D			
2566A			
338C			
90B			
1161B			
789A			
2433I			
793A			

2379B			
319D			
628A			
2150A			
2208B			
48A			
778B			
884B			
2021A			
2291A			
229D			
244A			
467A			
2208A			
1035A			
2091A			
2101B			
2359B			
1104B			
2488A			
2255B			
1164B			
2204A			
956A			
2618A			
841A			
319C			
2059A			
1100B			
1119X			

123B			
123C			
2015A			
2079A			
2079B			
2080B			
2090B			
2093A			
2093B			
2110A			
2138B			
2139C			
2152A			
2158D			
2166A			
2236A			
2265A			
2271A			
2279X			
2290A			
229B			
2304A			
2305A			
2312A			
2323A			
2321A			
2364A			
2376X			
2393A			

2425A			
2433H			
2454A			
2489D			
2489E			
2526C			
348A			
407X			
436X			
470A			
760A			
942B			
957A			
895X			
412X			
2291B			
1015A			
2360X			
1172X			
787X			
283A			
789X			
1119Y			
884X			
857B			
851X			
407C			
2517F			
2618X			

48X			
2329A			
2178X			
2150X			
2204X			
871A			

¹Número de identificação da variedade local. ²Foram avaliadas 85 variedades locais quanto à capacidade de expansão, estudo apresentado no Capítulo IV.

³Foram avaliadas 70 variedades locais quanto à caracterização de raças, estudo apresentado no Capítulo V. ⁴Foram incluídas 67 variedades locais para verificar as relações filogenéticas com outras populações da América, estudo apresentado no Capítulo VI.

Apêndice 6. Características morfológicas de 10 raças de milho pipoca das Américas avaliadas no Capítulo V⁽¹⁾.

Raça	País	Característica morfológica ⁽²⁾												
		CGr ⁽³⁾	FGR	FES	CSa	CPe	CEn	NFil	NGr	CEs	DEs	CMGr	LGr	EGr
Pisingallo	Uruguai	Br ⁽⁴⁾	Po	CC	Br	In	Br	15,6	SI ⁽⁵⁾	11,6	3,3	SI	8,6	7,4
Pura	Bolívia	Br	Po	Co	Br	In	Br	13,3	20,1	14,9	3,2	2,0	9,4	6,1
Pisinkalla	Bolívia	Br	Re	Ci	Br	In	Br	14,0	31,9	13,1	3,6	2,0	10,7	8,2
Curagua	Chile	Al	Re	CC	Br	In	Al	14,6	34,8	16,4	3,5	2,0	9,0	7,1
Pisinkalla	Chile	Br	Po	CC	Br	In	Br	20,5	36,4	13,2	3,7	2,4	8,6	5,6
Avatí Pichingá	Argentina	Br	Po	Ci	Br	In	Br	13,5	SI	15,0	3,0	SI	7,2	5,2
Polulo	Chile	Am	Po	CC	Ve	In	Am	8,0	23,0	16,5	2,3	1,2	12,2	4,1
Palomero Toluqueño	México	Br	Po	Co	Br	In	Br	20,0	SI	SI	3,6	2,2	11,0	5,3
Pichingá Redondo	Paraguai	Br	Re	Co	Br	In	Br	13,3	28,7	13,6	3,5	2,0	9,7	6,2
Pichingá Aristado	Paraguai	Al	Po	Co	Br	In	In	13,6	29,3	12,5	3,1	1,9	8,2	6,4

⁽¹⁾ Referências: Pichingá Redondo e Pichingá Aristado do Paraguai (Sauhuana & Machado, 1999), Curagua, Pisinkalla e Polulo do Chile (Paratori et al., 1990), Avatí Pichingá da Argentina (Senigagliesi et al., 1997), Pisingallo do Uruguai (Gutiérrez et al., 2003), Pura e Pisinkalla da Bolívia (Avila et al., 1998) e Palomero Toluqueño do México (Wellhausen et al., 1951).

⁽²⁾ Variáveis quantitativas obtidas a partir da média de cada raça; variáveis nominais classificadas com base na moda de cada raça.

⁽³⁾ CGr: cor de grão; FGr: forma do grão; FEs: forma da espiga; CSa: cor do sabugo; CPe cor do pericarpo; CEn: cor do endosperma; NFil: número de fileiras; NGr: número de grãos por fileira; CEs: comprimento da espiga (cm); DEs: diâmetro da espiga (cm); CMGr: comprimento do grão (mm); LGr: largura do grão (mm); EGr: espessura do grão (mm).

⁽⁴⁾ Br: branco; Al: alaranjado; Am: amarelo; Ve: vermelho; In: incolor; Po: pontiagudo; Re: redondo; CC: cônica-cilíndrica; Co: cônica; Ci: cilíndrica.

⁽⁵⁾ SI = sem informação.